

## **Bewertung virtueller Handmodelle zur Steuerung und Manipulation von 3D-Objekten in stereoskopischen Desktopumgebungen anhand einer Fitts'schen Zeigeaufgabe**

Ronald MEYER<sup>1</sup>, Jennifer BÜTZLER<sup>1</sup>, Jeronimo DZAACK<sup>2</sup>,  
Christopher M. SCHLICK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University  
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

<sup>2</sup> *ATLAS ELEKTRONIK GmbH  
Sebaldsbrücker Heerstr. 235, D-28309 Bremen*

**Kurzfassung:** Stereoskopische Anzeigesysteme ermöglichen den Einsatz von virtueller Realität auch im Desktopbereich. Nicht nur die Visualisierung räumlicher Datensätze in einer stereoskopischen Desktopumgebung sondern auch die Manipulation und Interaktion über dreidimensionale Eingabegeräte mit sechs Freiheitsgraden sind Bestandteil gegenwärtiger Forschungsarbeit. Trackingverfahren ermöglichen die Übertragung der Bewegungen der menschlichen Hände in ein virtuelles System und lassen sich so als Eingabesystem in virtuellen Systemen einsetzen.

Vor diesem Hintergrund werden verschiedene Visualisierungen indirekt gesteuerter menschlicher Handmodelle in einem stereoskopischen Desktopsystem anhand einer Fitts'schen Zeigeaufgabe miteinander verglichen.

**Schlüsselwörter:** virtuelle Realität, Handmodell, Eingabegerät, Mensch-Computer-Interaktion, Fitts'sche Zeigeaufgabe

### **1. Einleitung**

Interaktive Darstellungen gewinnen mit der Entwicklung neuer Eingabegeräte, die eine Erfassung von bis zu sechs Freiheitsgraden ermöglichen, zunehmend an Relevanz. Kombiniert mit Anzeigetechnologien wie stereoskopische Displays lassen sich Arbeitsplätze gestalten, die eine Visualisierung und Interaktion mit komplexen dreidimensionalen Datensätzen ermöglichen. Der Einsatz solcher Arbeitsplätze ist Forschungsgegenstand verschiedener Bereiche, in denen Generierung und Sichtung räumlicher Datensätze von Relevanz sind. Aktuelle Studien aus der Medizintechnik, der Terrainvisualisierung oder der räumlichen Visualisierung von Fluglotsenarbeitsplätzen untersuchen den Einsatz entsprechender Anzeigetechnologien. Brunner et al. (2013) nutzen ein kommerzielles stereoskopisches Display um Echtzeitdatensätze von Magnet-Resonanz-Scannern anzuzeigen. Die stereoskopisch dargestellten Datensätze können behandelnden Ärzten beispielsweise bei der Platzierung eines Katheters helfen. Ferrari et al. (2009) beschreiben einen ähnlichen Versuchsaufbau, in dem erweiterte Realität über ein kopfbasiertes stereoskopisches Anzeigesystem dreidimensionale Sensordaten eines Magnetresonanztomographen über ein Echtzeitkamerabild erzeugt wird.

Baier und Zimmer (2014) untersuchen in einer Studie die Vorteile verschiedener stereoskopischer Visualisierungen in der Flugverkehrsüberwachung und leiten aus ihren Folgerungen Vorteile für Situationen ab, in denen es zu Mehrdeutigkeiten bei

der Interpretation von Objektflughöhen kommt. Diese Erkenntnisse weisen auf eine bessere Deutung räumlicher Information hin, wenn diese auch korrekt räumlich wahrnehmbar dargestellt wird.

Mit der Darstellung räumlicher Datensätze in der virtuellen Realität ergeben sich auch Anforderungen an die entsprechenden Eingabemedien. Bowman (2005) empfiehlt die Umsetzung natürlicher Interaktionsparadigmen, welche sich möglichst an der Interaktion zwischen Mensch und Objekten in der realen Welt orientiert.

Technologien wie der „Leap Motion“-Sensor ermöglichen die Echtzeiterfassung von bis zu vier menschlichen Händen mit einer Genauigkeit im Mikrometerbereich (Weichert et al., 2013). Neben der Erfassung von Handgesten, sind die Erfassung und Umsetzung der gesamten menschlichen Hand in die virtuelle Welt als virtuelles Interaktionsmedium umsetzbar. Ein Konzept für den kombinierten Einsatz von Handmodell und gestischer Interaktion wurde von Meyer et al. (Meyer et al., 2014) entwickelt.

## 2. Motivation

Grundlegende Untersuchungen zum Einsatz von virtuellen Handmodellen als Interaktionsmedium in der virtuellen Realität sind in der Literatur bereits dokumentiert, jedoch wurden bisher keine verschiedenen Darstellungsvarianten des virtuellen Handmodells untersucht.

Bruder et al. (2013) zeigen in einer Studie Vor- und Nachteile in der Selektion von virtuellen Objekten mit einem versetzt kontrollierbaren Handmodell auf einem großflächigen stereoskopischen Anzeigegerät auf.

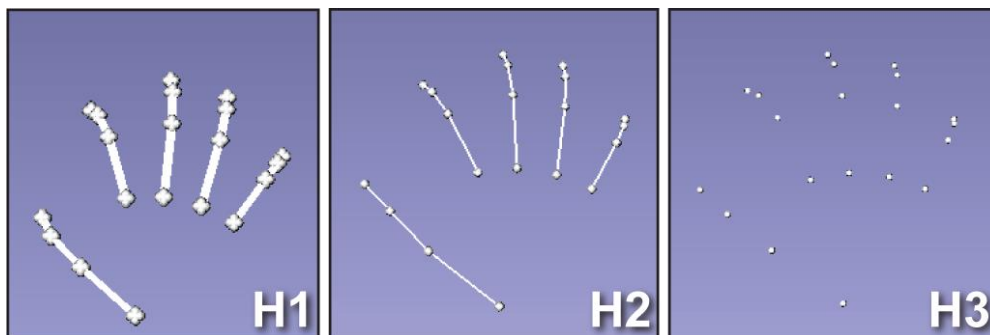
Da Darstellungen in der virtuellen Realität in der Regel bereits eine hohe informatorische Dichte aufweisen, ist die Reduzierung der visuellen Komplexität des virtuellen Handmodells auf ein Minimum empfehlenswert. Durch Reduzierung der Sichtbarkeit des Handmodells durch Variation der Modellstärke oder der alleinigen Darstellung der virtuellen Hand als Punktwolkenmodell, kann die zusätzliche Überdeckung von Information im virtuellen Arbeitsraum verhindert werden. Hingegen kann die Reduktion der visuellen Information im Bezug auf das Handmodell die Wiedererkennung je nach Grad der Reduktion jedoch auch erschweren. Im Rahmen dieses Beitrags soll daher eine Studie vorgestellt werden, in der verschiedene Handmodelle hinsichtlich ihrer Leistung in stereoskopischen Desktopumgebungen empirisch untersucht wurden.

## 3. Vorgehensweise

In einer Studie mit fünf Versuchsteilnehmern zwischen 25 und 39 Jahren ( $M=30,8$ ;  $SD=6,3$  Jahre) wurden drei verschiedene Handmodelle untersucht. Die Versuchsteilnehmer waren ausschließlich rechtshändig und verfügten alle über eine Hochschulzugangsberechtigung. Vier der fünf Teilnehmer waren mit virtuellen Darstellungen bereits vertraut.

Die Versuchsumgebung bestand aus einem 27“ stereoskopischen Display mit integriertem, zeilenweise horizontal wechselndem Lichtpolarisationsfilter und entsprechenden Kunststoffbrillen und dem für die Erfassung der menschlichen Hand vorgesehene „Leap Motion“ Sensor. Die Handbewegungen des Nutzers wurden über die Sensorik direkt auf das jeweilige virtuelle Handmodell übertragen. Dabei wurde

die Bewegung aller Finger sowie Fingergelenke erfasst. Die drei Handmodelle unterschieden sich hinsichtlich ihrer Komplexität in absteigender Reihenfolge. Für einen Vergleich der Modelle wurde eine Fitts'sche Zeigeaufgabe gewählt. Je fünf kugelförmige Zielobjekte waren halbkreisförmig um ein Ausgangsobjekt auf drei verschiedenen virtuellen Tiefenebenen angeordnet, die so gewählt waren, dass auf der vordersten virtuellen Ebene eine positive ( $D_{\text{pos}}$ ), auf der mittleren Ebene keine ( $D_{\text{null}}$ ), und auf der hintersten Ebene eine negative ( $D_{\text{neg}}$ ) Disparität der jeweiligen Teilbilder vorlag. Dadurch ergaben sich für die Zielobjekte je nach Anordnungstiefe verschiedene Darstellungsgrößen ( $D_{\text{pos}} = 48,53'$ ;  $D_{\text{null}} = 40,44'$ ;  $D_{\text{neg}} = 32,36'$ ). Der Sehabstand zu den Zielobjekten betrug 850mm. Während der Versuchsdurchführung wurden dem Versuchsteilnehmer jeweils das Ausgangsobjekt sowie eines der 15 Zielobjekte in randomisierter Reihenfolge angezeigt, mit der Aufgabe, eine Zeigebewegung mit der Spitze des virtuellen Zeigefingers vom Ausgangsobjekt zum Zielobjekt durchzuführen. Dabei wurde die Bewegungszeit (MT in Millisekunden) als abhängige Variable erfasst. Die Handmodelle wurden in permutierter Reihenfolge mit jeweils drei Wiederholungen für die Fitts'sche Zeigeaufgabe pro Handmodell im Hauptversuch getestet.



**Abbildung 1:** Unabhängige Variablen: Handmodelle H1, H2 und H3 mit jeweils abnehmender, visueller Komplexität

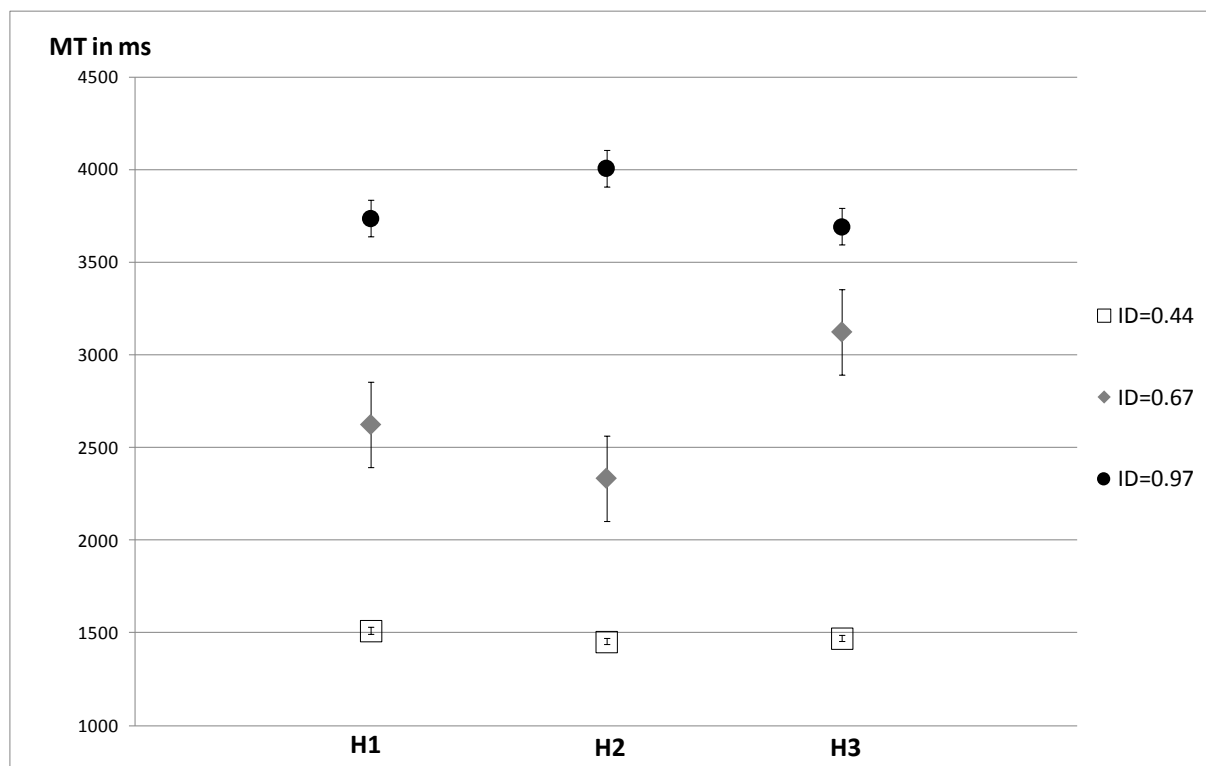
#### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse der benötigten Bewegungszeiten sind für die unabhängigen Variablen H1, H2 und H3 über alle Konditionen gemittelt in Tabelle 1 dargestellt. Im Mittel ergab sich die höchste Bewegungszeit für das Handmodell H3. Die Bewegungszeiten für H1 und H2 unterschieden sich nur geringfügig. Statistisch waren die Unterschiede nicht signifikant.

**Tabelle 1:** Gemittelte Ergebnisse der Bewegungszeit MT in Millisekunden

Unabhängige Variable	Mittelwert MT (ms)	SD MT (ms)
Handmodell 1	2.994,34	1.076,89
Handmodell 2	2.976,50	1.166,81
Handmodell 3	3.121,04	1.343,86

Weiterhin erfolgte eine separate Analyse für die unterschiedlichen IDs. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der Bewegungszeit MT der drei jeweiligen Handmodelle (H1, H2, H3) für drei unterschiedlichen IDs, die jeweils aus Objekten berechnet wurden, die eine positive ( $ID_1=0.44$ ), keine ( $ID_2=0.67$ ) sowie eine negative Disparität ( $ID_3=0.97$ ) aufweisen. Die graphische Darstellung zeigt, dass bei Pointingaufgaben zu Zielobjekten mit positiver Disparität, mit einer relativen Größe von 48,53', keine Unterschiede in den Bewegungszeiten zwischen den drei Handmodellen auftreten. Die Bewegungszeiten rangieren für alle drei Handmodelle auf einem Niveau von 1500 ms und weisen einen geringen Standardfehler auf. Für kleinere Objekte ohne oder mit negativer Disparität zeigen sich hingegen Unterschiede zwischen den Handmodellen. Demnach weichen die Messwerte für Modell H2 für Objekte mit keiner oder negativer Disparität im Gegensatz zu Modell H3 stark voneinander ab. Modell H3 schneidet im Versuch für Objekte mit negativer Disparität mit leicht besseren Leistungswerten ab, als die Modelle H1 und H2, jedoch ergeben sich für das Modell für Zielobjekte ohne Disparität schwächere Leistungswerte.



**Abbildung 2:** Ergebnisse der Bewegungszeit MT in Millisekunden für verschiedene IDs pro getestetem Handmodell H1, H2 und H3

## 5. Diskussion und Ausblick

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Messwerte der Bewegungszeit der unterschiedlichen Handmodelle gemittelt betrachtet nur leichte Veränderungen zeigen. Bei der Betrachtung verschiedener IDs deuten sich jedoch für bestimmte Fälle Unterschiede in den Bewegungszeiten an. Das visuell am stärksten reduzierte Punktwolkemodell (H3) zeigt in der Benutzung bei Objekten mit negativer Disparität

leicht bessere Messwerte. Für Zielobjekte ohne Disparität ergeben sich jedoch Messwerte, die im Gegensatz zu den Modellen H1 und H2 abweichen. Ob die Leistungsdaten der Handmodelle bei Zielaufgaben mit keiner oder negativer Disparität schlechter ausfallen, bedarf weiterer Untersuchungen.

Da die Auswertung der Daten auf bisher fünf Versuchsteilnehmern beruht, ist zudem die weitere Durchführung dieser Studie mit einer vergrößerten Stichprobe geplant.

## 6. Literatur

- Baier, A., & Zimmer, A. (2014). Advantages of Stereoscopic 3D Displays for Conflict Judgment Performance in Air-Traffic-Control: When and How to Use 3D. In C. Stephanidis (Ed.), *HCI International 2014 - Posters' Extended Abstracts* (Vol. 435, pp. 609–614). Springer International Publishing. Retrieved from [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07854-0\\_105](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-07854-0_105)
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human kinetics.
- Bowman, D. A. (2005). *3D user interfaces : theory and practice*. Boston [u.a.]: Addison-Wesley.
- Bruder, G., Steinicke, F., & Stürzlinger, W. (2013). Effects of Visual Conflicts on 3D Selection Task Performance in Stereoscopic Display Environments. In *Proceedings of IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, IEEE Press (pp. 115–118).
- Brunner, A., Groebner, J., Umathum, R., Maier, F., Semmler, W., & Bock, M. (2014). An MR-compatible stereoscopic in-room 3D display for MR-guided interventions. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 27(4), 277–282. doi:10.1007/s10334-013-0423-2
- Ferrari, V., Megali, G., Troia, E., Pietrabissa, A., & Mosca, F. (2009). A 3-D Mixed-Reality System for Stereoscopic Visualization of Medical Dataset. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, 56(11), 2627–2633. doi:10.1109/TBME.2009.2028013
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381.
- Hernandez, A., Basset, O., Dautraix, I., Magnin, I., Favre, C., & Gimenez, G. (1995). Stereoscopic visualization of 3D ultrasonic data for the diagnosis improvement of breast tumors. In *Ultrasonics Symposium, 1995. Proceedings., 1995 IEEE* (Vol. 2, pp. 1435–1438 vol.2). doi:10.1109/ULTSYM.1995.495825
- MacKenzie, I. S. (1992). Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7(1), 91–139.
- Meyer, R., Bützler, J., Dzaack, J., & Schlick, C. M. (2014). Development of Interaction Concepts for Touchless Human-Computer Interaction with Geographic Information Systems. In *Human-Computer Interaction. Advanced Interaction Modalities and Techniques* (pp. 589–599). Springer.
- Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors*, 13(5), 6380–6393. doi:10.3390/s130506380