

## **Eignung gestenbasierter Eingabegeräte an Bildschirmarbeitsplätzen – eine vergleichende Untersuchung**

André DETTMANN, Max BERNHAGEN, Angelika C. BULLINGER

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU CHEMNITZ  
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

**Kurzfassung:** Berührungslose gestenbasierte Eingabegeräte ermöglichen eine neue Art der Interaktion mit Computern. Problematisch ist dabei jedoch der Armeinsatz des Nutzers bei der Interaktion mit entsprechenden Geräten, was auf längere Sicht zu einer höheren Beanspruchung führt. Eine arbeitswissenschaftliche Bewertung der daraus resultierenden körperlichen Beanspruchung existierte bisher nicht. In diesem Artikel erfolgt eine Analyse der Beanspruchung bei der Benutzung gestenbasierter Eingabegeräten im Vergleich zu herkömmlichen Eingabegeräten wie Maus und Tastatur. In einem Laborexperiment wurde die körperliche Beanspruchung von Probanden unter den drei Versuchsbedingungen Leap Motion Controller, Maus und Tastatur sowie Leap Motion Controller, Maus und Tastatur ermittelt. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die alleinige Verwendung des Leap Motion Controllers eine stark erhöhte Beanspruchung im Vergleich zu Maus und Tastatur mit sich bringt. Die Kombination des Leap Motion Controllers mit Maus und Tastatur zeigte eine höhere Beanspruchung als die alleinige Verwendung von Maus und Tastatur, jedoch auf niedrigem Niveau. Zusätzlich wurde ermittelt, dass sich die Armhaltung bei der Verwendung des Leap Motion Controllers auf die Beanspruchung auswirkt.

**Schlüsselwörter:** Mensch-Maschine-Interaktion, 3D-Interaktion, Gestensteuerung, Elektromyographie, Beanspruchungsermittlung

### **1. Einleitung**

Mit der bereits von Mark Weiser (1991) beschriebenen zukünftigen Miniaturisierung, Vernetzung und Mobilisierung von Computern änderte sich auch die Art der Interaktion mit modernen Computern. Nicht nur die zunehmend verbreiteten Touchscreens, sondern auch auf Gestensteuerung basierende Eingabegeräte können eine Erweiterung für Bildschirmarbeitsplätze im modernen digitalen Arbeitsleben darstellen. Vorteile gestenbasierter Eingabegeräte liegen in der natürlichen Interaktion und Manipulation von (räumlichen) Objekten oder Daten (Cipolla 1998). Entsprechende Eingabegeräte etablierten sich bislang vorrangig in der Unterhaltungsindustrie im Bereich der Spielekonsolen wie z.B. die Microsoft Xbox 360 mit Kinect-Sensor und demonstrieren einen hohen Reifegrad der Technologie. Für Bildschirmarbeitsplätze waren dagegen bisher vorwiegend Lösungen für Spezialanwendungen vorhanden. Neue innovative Geräte, wie der Leap Motion Controller oder die Kinect für Windows (Vöhringer 2011) sind hingegen universeller einsetzbar. Um die Eignung dieser Eingabegeräte für Bildschirmarbeitsplätze festzustellen, müssen im Wesentlichen drei Einflussfaktoren betrachtet werden: Softwareeignung, Gestenkenntnisse der Anwender und die Ergonomie des Bildschirmarbeitsplatzes. Im Fokus des Papiers ist die Ergonomie.

Dabei stellt sich die Frage nach der Beanspruchung der Nutzer durch gestenbasierte Eingabegeräte. Ein Ablegen des Armes auf dem Tisch ist nicht vorgesehen, da der gesamte Arm des Nutzers für die Interaktion mit dem Computer verwendet werden kann. Somit werden die Muskeln im Schulter-, Rücken und Nackenbereich stärker beansprucht.

In einem Laborexperiment wird die muskuläre Beanspruchung durch klassische, das heißt Maus und Tastatur sowie gestenbasierte Eingabegeräte, in Form des Leap Motion Controllers am Bildschirmarbeitsplatz gemessen. Das Ziel der Studie ist ein grundlegender Vergleich der Eingabegeräte sowie das Ableiten von Empfehlungen für den Gebrauch von gestenbasierten Eingabegeräten.

## 2. Methode

Die Studie verfolgt den Ansatz einer vergleichenden Untersuchung des Leap Motion Controllers mit herkömmlichen Eingabegeräten an Sitz- und Freihandarbeitsplätzen. Für den Vergleich wurden, basierend auf der DIN EN ISO 9241 Teil 9 (2000), subjektive Daten (Borg-Skala, 12-stufig) zur körperlichen Beanspruchung des Nutzers erhoben. Ergänzend dazu wurden mittels Elektromyographie (Noraxon Telemetry 2400) objektive Daten zur muskulären Beanspruchung aufgezeichnet. Des Weiteren erfolgte eine Videoaufzeichnung der Versuche zur Feststellung von Körper- und Armhaltung. Die Auswertung der Daten erfolgte mit MyoResearch XP und SPSS Statistics. Als Design wird ein 2x3-faktorielles zur Berücksichtigung unterschiedlicher Grundbeanspruchung des Designs mit Randomisierung verwendet. Faktor A enthält die Bedingungen Sitz- und Freihandarbeitsplatz zur Berücksichtigung unterschiedlicher Grundbeanspruchungen der Körperstellungen. Faktor B die Anwendung der erwähnten Eingabegeräte und deren Kombination.

**Tabelle 1:** Übersicht über das Versuchsdesign

<b>Faktor A</b>	Sitzarbeitsplatz	Steharbeitsplatz	
<b>Faktor B</b>	Maus & Tastatur	Maus & Tastatur; Leap Motion Controller	Leap Motion Controller

Der Bildschirmarbeitsplatz wurde nach ergonomischen Richtlinien (DIN EN ISO 11064 Teil 4) gestaltet und umfasst einen höhenverstellbaren Stuhl und Schreibtisch. Beleuchtung, Anordnung der Eingabegeräte sowie Aufgabenbeschreibung wurden konstant gehalten.

Alle Aufgaben, die von den Probanden durchzuführen waren, wurden eingabegerätetypisch ausgewählt. Für die Leap Motion Controller wurden Aufgaben gewählt, die leicht zu erlernende Gesten beinhalteten und von den Probanden nach einer kurzen Eingewöhnungszeit erlernt werden konnten. Sie umfassten eine gestenbasierte Navigation in Google Earth sowie die Manipulation von 3D-Objekten (Freeform). Die Aufgaben mit Maus und Tastatur umfassten Schreibanwendungen als auch Navigation in 3D-Räumen (Google Earth). Außerdem wurde die Aufgabenlänge zur Vermeidung unterschiedlicher zeitlicher Belastungen zwischen den unterschiedlichen Versuchsbedingungen konstant gehalten. Zwischen den einzelnen Aufgaben wurden Pausen zur Muskelregeneration von jeweils fünf Minuten gewährt.

Für die Stichprobe wurden berufstätige Probanden gewählt, die ihren Arbeitsalltag üblicherweise an Bildschirmarbeitsplätzen verrichten.

### 3. Ergebnisse

Insgesamt nahmen 31 Probanden an dem Versuch teil, wobei 38,7 Prozent der Probanden weiblich und 61,3 Prozent männlich waren. Im Mittel waren diese 30,54 Jahre alt ( $SD = 10,42$ ). Alle Probanden arbeiteten beruflich an einem Sitzarbeitsplatz. Weiterhin besaßen 23 Teilnehmer (74,19%) bereits Erfahrung im Umgang mit gestenbasierten Eingabegeräten. Davon hatten 22 Probanden Erfahrung im Umgang mit der Nintendo Wii Konsole, sechs Personen nutzten die Microsoft Kinect, zwei Teilnehmer den Leap Motion Controller und ein Proband den Playstation Move Controller. Die EMG-Versuche wurden an 14 Probanden durchgeführt, wovon fünf weiblichen sind (35,71%).

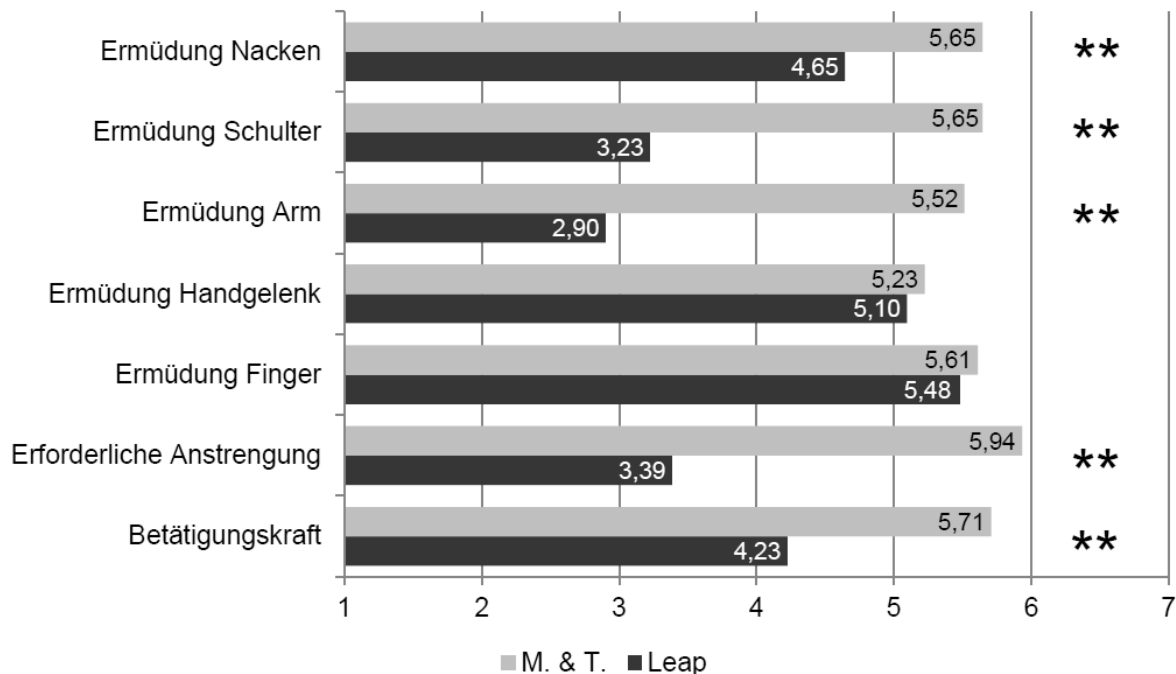
Aufgrund interindividueller Unterschiede bei EMG-Messungen wurden keine statistischen Tests über die gesamte Stichprobe, sondern pro Proband gerechnet. Alle signifikant unterschiedlichen Paare der Muskelbeanspruchung der jeweiligen Versuchsbedingung im Verhältnis zu den Beanspruchungswerten von Maus und Tastatur wurden über die Anzahl der Teilnehmer kumuliert, prozentual ausgewertet und sind Tabelle 2 dargestellt. Die Richtung der Messwertpaare weist in allen Fällen zu einer höheren Muskelaktivität durch die alleinige Verwendung des Leap Motion Controllers.

**Tabelle 2:** prozentuale Auswertung der signifikant Unterschiedlichen Paare

	Signifikant unterschiedliche Paare (Leap Motion // Maus und Tastatur)	Signifikant unterschiedliche Paare (Maus, Tastatur und Leap Motion // Maus und Tastatur)
Trapezius p. descendenz	100%	100%
Deltoideus p. clavicularis	100%	93%
Deltoideus p. acromialis	93%	93%
Triceps brachii c. lat.	93%	71%
Triceps brachii c. long.	93%	79%
Biceps brachii	93%	86%
Flexor c. radialis	86%	36%
Extensor c. ulnaris	86%	57%
Extensor c. radialis	86%	50%

Die in der Untersuchung verwendete Borg-Skala erwies sich als robust. Im Vergleich mit den subjektiv erhobenen Daten zeigten die Skalenwerte in allen Fällen die richtige Tendenz. Die subjektiv empfundene Beanspruchung, die mittels 12-stufiger Borg-Skala erhoben wurde, wies für alle in Abbildung 1 abgebildeten Kategorien erhöhte absolute Werte für Maus und Tastatur auf. Für die Betätigungskraft konnte ein hoch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden,  $t(30) = -3,88$ ;  $p < .001$ . Ebenso empfanden die Probanden im Schnitt eine höhere erforderliche Anstrengung bei Verwendung des Leap Motion Controllers,

$t(30) = -8,30; p < .001$ . Für die Ermüdung von Finger und Handgelenk konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die mittlere Ermüdung des Armes,  $t(30) = -9,13; p < .001$ , und der Schulter,  $t(30) = -7,63; p < .001$ , weisen hingegen hoch signifikante Unterschiede auf. Auch der Unterschied in der Beanspruchung des Nackens ist durch den Leap Motion Controller im Vergleich zu Maus und Tastatur hoch signifikant,  $t(30) = -3,02; p < .01$ .



**Abbildung 1:** Vergleich der subjektiven Ermüdungswerte der drei Eingabegeräte anhand der Abfrage aus dem Fragebogen (je höher der Wert, desto niedriger ist die Beanspruchung; \* signifikante, \*\* hoch signifikante Unterschiede).

Werden die Ergebnisse der kombinierten Eingabegeräte Maus und Tastatur als auch der Leap Motion mit der Belastung durch Maus und Tastatur gegenüber gestellt ergaben sich hoch signifikante Unterschiede für die Ermüdung des Armes,  $t(30) = 3,79; p < .001$ , der Schulter,  $t(30) = 3,67; p < .001$  sowie für die erforderliche Anstrengung,  $t(30) = 3,61; p < .001$ . Ein weiteres signifikant unterschiedliches Wertepaar ist die Ermüdung des Nackens,  $t(30) = 2,78; p < .05$ .

Aus der Gegenüberstellung von Freihand- und Sitzarbeitsplatz ergaben für die Leap Motion Unterschiede im Bereich der Schulter,  $t(29) = 3,48; p < .01$  und des Arms,  $t(29) = 2,17; p < .005$ . Für die erforderliche Anstrengung,  $t(29) = 3,31; p < .01$ , ist der Unterschied gleichfalls signifikant. Alle weiteren Versuchsbedingungen wiesen keine wesentlichen Unterschiede in der subjektiven Bewertung vor.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigten eine höhere körperliche Beanspruchung bei der Verwendung des Leap Motion Controllers im Vergleich zum Einsatz von Maus und Tastatur. Subjektive und objektive Werte verdeutlichten für eine teils stark erhöhte Beanspruchung durch den Leap Motion Controller als alleiniges Eingabegerät. Es existieren jedoch Unterschiede zwischen einzelnen Körperteilen.

Bei der Betrachtung der Beanspruchung des Unterarms und der Hand ist festzuhalten, dass keine signifikanten Unterschiede zu ermitteln waren. Dagegen

ergaben die Messungen für die Körperregionen Schulter und Nacken eine höhere Beanspruchung. Die Gesamtbeanspruchung durch das gestenbasierte Eingabegerät wird mit einem hoch signifikanten Unterschied stärker eingestuft. Das stimmt auch mit aus der Literatur abgeleiteten Vorüberlegungen für die Beanspruchung bei der Ermittlung von maximalen Haltezeiten überein (Kee, Karwowski 2001; 2003).

Die durchschnittliche körperliche Beanspruchung durch die Verwendung des Leap Motion Controllers in Kombination mit Maus und Tastatur konnte als leicht erhöht im Vergleich zu der ausschließlichen Verwendung von Maus und Tastatur ermittelt werden. Nachdem die Ergebnisse für den Vergleich von dem Leap Motion Controller als alleiniges Eingabegerät große Unterschiede zeigten, kann für diesen Vergleich keine eindeutige Aussage getroffen werden. Bei den subjektiven Werten wiesen Arm, Schulter, Nacken und erforderliche Anstrengung signifikante Unterschiede auf.

Die Ergebnisse des Versuchs zeigen, dass gestenbasierte Eingabegeräte wie der Leap Motion Controller eine höhere Beanspruchung des Nutzers mit sich bringen. Es ist jedoch zu unterscheiden, wie diese in den Bildschirmarbeitsplatz integriert werden. Was die Einschätzung zur alleinigen Verwendung des Eingabegeräts betrifft, konnte anhand der subjektiven und objektiven Daten gezeigt werden, dass die Beanspruchung der Probanden für den Oberarm, die Schulter und den Nacken stark erhöht ist.

Die Integration in einen Bildschirmarbeitsplatz als einziges Eingabegerät sollte aufgrund dieser Ergebnisse vermieden werden. Eine Alternative für eine Integration eines gestenbasierten Eingabegeräts ist die Kombination mit Maus und Tastatur. Anhand der Ergebnisse kann gezeigt werden, dass auch hier eine erhöhte körperliche Beanspruchung vorliegt, diese jedoch im Vergleich zur alleinigen Verwendung des Leap Motion Controllers auf niedrigerem Niveau liegt.

Es kann somit festgehalten werden, dass bei der Integration gestenbasierter Eingabegeräte in Bildschirmarbeitsplätze, nur die Kombination aller drei untersuchten Eingabegeräte vorteilhaft ist. Aus dem Versuchsverlauf wurde jedoch auch deutlich, dass besonders im Bereich der ergonomischen Softwaregestaltung sowie der Optimierung der Funktionalität von 3D-Gesten Entwicklungsbedarf besteht, da Probanden trotz leicht zu erlernender Gesten und angepasster Software Probleme hatten, die Aufgaben effizient und zufriedenstellend zu lösen.

## 5. Literatur

- Cipolla R, Pentland A P (1998) Computer vision for human-machine interaction. Cambridge University Press
- DIN EN ISO 11064 Teil 4 (2013) Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen
- DIN EN ISO 9241 Teil 9 (2000) Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 9: Anforderungen an Eingabemittelausgenommen Tastaturen
- Kee D, Karwowski W (2001) LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*, Vol. 32, 4/2001, S. 357-366
- Kee D, Karwowski W (2003) Ranking systems for evaluation of joint and joint motion stressfulness based on perceived discomforts. *Applied Ergonomics*, Vol. 34, 2/2003, S. 167–176
- Vöhringer S (2011) Controller-free Gaming. In: N. Asaj, N.; Beier, J.; Honold, F.; Könings, B.; Schaub, F.; Schüssel, F.; Wiedersheim, B.; Weber, M. (Hrsg.). *Research Trends in Media Informatics*. (S. 29-36). Ulm: Institut of Media Informatics
- Weiser M (1991) The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, Vol. 265, 3/1991, S. 94-104