

# Einflussfaktoren der Beanspruchung durch gestenbasierte Eingabegeräte

Max Bernhagen, André Dettmann, Angelika C. Bullinger

Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU Chemnitz

## **Zusammenfassung**

Gestenbasierte Eingabegeräte ermöglichen eine neuartige und natürliche Interaktion mit Computern. Dabei wird durch den Einsatz des gesamten Arms die Oberarm- und Schultermuskulatur stärker belastet, als bei der Verwendung von Maus und Tastatur. In einem Laborexperiment wurde eine Beanspruchungsanalyse bei der Verwendung von gestenbasierten Eingabegeräten durchgeführt. Gleichzeitig wurden mögliche Einflussfaktoren der Beanspruchung durch diese Eingabegeräte analysiert. Als unabhängige Variable wurden der Arbeitsplatztyp, die verwendeten Programme und die Armhaltung untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Faktor Arbeitsplatztyp die Armhaltung beeinflusst. Die Armhaltung der Probanden korreliert außerdem positiv mit der Höhe der Beanspruchung. Anhand der Ergebnisse werden Maßnahmen abgeleitet, welche eine geringere Beanspruchung bei der Verwendung gestenbasierte Eingabegeräte ermöglichen sollen.

## 1 Einleitung

Die Art der Interaktion an Bildschirmarbeitsplätzen hat sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Beispielhaft dafür kann die hohe Verbreitung von Touchscreens angesehen werden. Eine weitere Interaktionstechnologie, welche aktuell vor allem in der Unterhaltungselektronik verwendet wird, ist die gestenbasierte Interaktion. Bekannte Systeme sind der Kinect Sensor und der Leap Motion Controller. Für die zukünftige Integration dieser und ähnlicher Geräte im Bereich klassischer Bildschirmarbeitsplätze, sind arbeitswissenschaftliche Untersuchungen von besonderem Interesse. Schmidtke (1995) nennt die Belastung und die resultierende körperliche Beanspruchung des Nutzers als eine bedeutende Komponente eines Mensch-Maschine-Systems. In der ersten Auswertung eines Laborexperiments konnte ermittelt werden, dass die permanente Verwendung von gestenbasierten Eingabegeräte in einer stark erhöhten Beanspruchung resultiert (Dettmann & Bernhagen, 2014). Möglichkeiten zur Reduktion der Einflüsse sollen durch die Bewertung von Einflussfaktoren ermittelt werden.

## 2 Methode

Das vorliegende Paper enthält eine Sekundärdatenanalyse einer vergleichenden Untersuchung eines gestenbasierte Eingabegerätes an Sitz- und Freihandarbeitsplätzen (Dettmann & Bernhagen, 2014). 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. Des Weiteren erfolgte eine Videoaufzeichnung der Versuche zur Feststellung von Körper- und Armhaltung. Als Design wird ein 2x3-faktorielles mit Randomisierung verwendet. Faktor A enthält die Bedingungen Sitz- und Freihandarbeitsplatz zur Berücksichtigung unterschiedlicher Grundbeanspruchungen der Körperstellungen. Faktor B die genutzten Programme. Es wurden Aufgaben gewählt, die leicht zu erlernende Gesten beinhalteten und von den Probanden nach einer kurzen Eingewöhnungszeit erlernt werden konnten. Diese umfassten eine gestenbasierte Navigation in Google Earth, die Manipulation von 3D-Objekten (Freeform) als auch die Erstellung von Zeichnungen (Paint). Außerdem wurde die Aufgabenlänge zur Vermeidung unterschiedlicher zeitlicher Belastungen zwischen den unterschiedlichen Versuchsbedingungen konstant gehalten. Als Eingabegerät wurde der Leap Motion Controller verwendet, welcher sich durch eine sehr hohe Genauigkeit und der Möglichkeit zur Verwendung existierender Programme auszeichnet (Weichert et al., 2013).

## 3 Ergebnisse

Insgesamt nahmen 31 Probanden an dem Versuch teil, wobei 38,69 Prozent der Probanden weiblich und 61,31 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. Für die Analysen zur Beanspruchung wurden die mittels der Borg-Skala ermittelten Daten gegenübergestellt. Ein signifikanter Unterschied konnte für den Arm für Programm zwei ( $t(27) = 2.18$ ;  $p = .038$ ) und drei ( $t(27) = 2.76$ ;  $p = .01$ ) sowie für die Schulter in Programm zwei ( $t(26) = 2.47$ ;  $p = .021$ ) nachgewiesen werden. Der stetige absolute Anstieg der Beanspruchung resultiert aus der Verwendung der Programme ohne zwischenzeitliche Pause. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt.

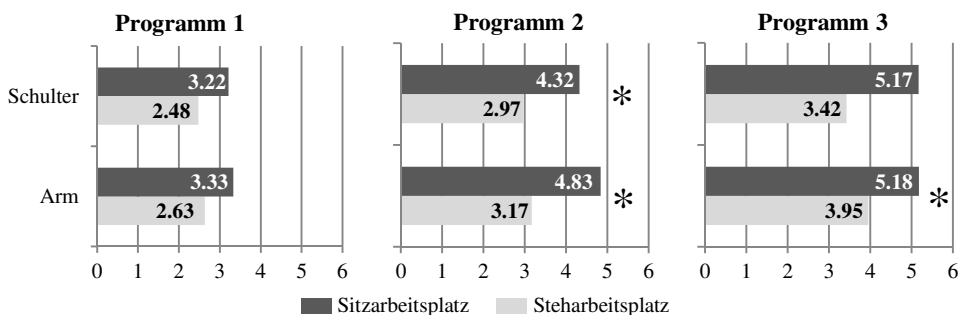


Abbildung 1: Vergleich der Mittelwerte der subjektiven Beanspruchung anhand der Abfrage nach der Borg-Skala für die Programme eins bis drei (je höher der Wert, desto höher die Beanspruchung; \*- signifikant;  $\alpha = 0.95$ ).

Um eine Ursache für den ermittelten Unterschied zwischen den Arbeitsplatztypen zu identifizieren, wurde anhand der Videoaufnahmen die Körperhaltung analysiert. Im Speziellen erfolgte eine Betrachtung der Armhaltung getrennt nach Flexion (AF) und Abduktion (AA). Dafür wurde ein minimaler und maximaler Winkel von  $0^\circ$  bzw.  $90^\circ$  festgelegt. Für die Einordnung der Winkelstellung zwischen den Extremen wurden drei gleich große Bereiche gebildet (**1**= $0^\circ$ - $30^\circ$ ; **2**= $31^\circ$ - $60^\circ$ ; **3**= $61^\circ$ - $90^\circ$ ). Anhand der Median- und Moduswerte von Armflexion und -abduktion kann festgestellt werden, dass am Freihand-arbeitsplatz die Winkel für beide Armhaltungen niedriger sind als am Sitzarbeitsplatz. Der Unterscheid zwischen beiden Gruppen ist signifikant (Mann-Whitney-U Test, s. Tabelle 1).

|    | Median       |          | Modus        |          |                              |                              |
|----|--------------|----------|--------------|----------|------------------------------|------------------------------|
|    | Freihandarb. | Sitzarb. | Freihandarb. | Sitzarb. |                              |                              |
| AF | 1.00         | 2.00     | 1.00         | 2.00     | <b><math>U = 44.5</math></b> | <b><math>p = .013</math></b> |
| AA | 1.00         | 2.00     | 1.00         | 2.00     | <b><math>U = 58.0</math></b> | <b><math>p = .002</math></b> |

Tabelle 1: Vergleich der Armhaltung an Freihand- und Sitzarbeitsplatz mittels Mann-Whitney U Test

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Armhaltung einen Einfluss auf die Beanspruchung hat. Um diesen zu identifizieren, wurden Korrelationen zwischen der Höhe der Winkelstellung und der Höhe der Beanspruchung mittels Kendall's Tau berechnet. Dabei konnten über alle Ergebnisse positive schwache bis mittlere Korrelationen gefunden werden. Besonders die Armabduktion weist in fünf von sechs Fällen signifikante Korrelationen auf. Alle Ergebnisse sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

|          | Programm 1   |                              | Programm 2                   |                              | Programm 3                   |                              |
|----------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|          | AF           | AA                           | AF                           | AA                           | AF                           | AA                           |
| Arm      | $r_t = .018$ | $r_t = .346$                 | $r_t = .326$                 | $r_t = .444$                 | $r_t = .379$                 | $r_t = .347$                 |
|          | $p = .904$   | <b><math>p = .026</math></b> | <b><math>p = .029</math></b> | <b><math>p = .004</math></b> | <b><math>p = .013</math></b> | <b><math>p = .024</math></b> |
| Schulter | $r_t = .175$ | $r_t = .348$                 | $r_t = .345$                 | $r_t = .381$                 | $r_t = .486$                 | $r_t = .244$                 |
|          | $p = .239$   | <b><math>p = .024</math></b> | <b><math>p = .023</math></b> | <b><math>p = .013</math></b> | <b><math>p = .002</math></b> | $p = .115$                   |

Tabelle 2: Kendall's Tau Korrelation der Armhaltung sowie subjektive körperlichen Beanspruchung für die drei Zeitabschnitte (fett = signifikant;  $\alpha = 0.95$ ).

Als weiterer Einflussfaktor wurde die verwendete Anwendung untersucht. Hierbei wurden anhand eines Chi Quadrat Unabhängigkeitstests die Anwendungen und die dabei eingenommene Körperhaltung verglichen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße lassen sich jedoch keine Ergebnisse ableiten, da die Mindestgröße der erwarteten Häufigkeit nicht erreicht wurde.

## 4 Diskussion

Im Rahmen der Analyse konnte nachgewiesen werden, dass die Körperhaltung und der Arbeitsplatztyp im direkten Zusammenhang mit der Beanspruchung der Nutzer von

gestenbasierten Eingabegeräten stehen. Für die Gestaltung der Arbeitsplätze bedeutet dies, dass die Tischplatte möglichst niedrig gehalten werden soll, damit zum Erreichen der Grundposition der Eingabe nur eine geringe Armflexion und – abduktion von Nöten ist. Armauflagen würden an beiden Arbeitsplatztypen den Anwender in der Beweglichkeit des Armes einschränken und aufgrund der auftretenden Reibung am Ellenbogen auch nicht permanent genutzt werden können. Weiterhin würde eine Auflage die Beweglichkeit und Interaktionsfähigkeit des Nutzers im Raum deutlich einschränken. Bedeutend ist außerdem der Grad der Auswirkung der Armhaltung auf die körperliche Beanspruchung, weil der in diesem Paper nachgewiesene Zusammenhang keine Schlüsse auf die Höhe des Einflusses zulässt. Kee und Karwowski (2001) konnten nachweisen, dass der Winkel der Armhaltung einen nicht linearen Einfluss auf die Haltezeit und Beanspruchung hat, weshalb weitere Untersuchungen über den genauen Einfluss der Armhaltung geplant sind.

Weiterhin ist der Einfluss der Anwendungen auf die Beanspruchung von Interesse. Aufgrund der nicht auswertbaren Daten zu dem Einfluss des Programmes auf die Körperhaltung, sollen als nächstes verschiedene Gestensets und die resultierende Beanspruchung analysiert werden. Die Gestensets sollen Extrema für Frequenz und Amplitude der Bewegungen sowie der statischen Hand- und Fingerstellungen untersuchen. Der Vorteil des Einsatzes dieser Sets wird darin gesehen, dass sie die eigentlichen Einflussfaktoren, die Körperhaltung und -bewegungen untersuchen, welche durch ein Programm vorgegeben werden. Aus den Ergebnissen sollen Aussagen zu den in Anwendungen zu implementierenden Gesten getroffen werden, um neben dem Aspekt einer möglichst hohen Intuition eine weitere Gestaltungsgrundlage zu erarbeiten. Mit Hilfe des Papers und weiterer Arbeiten soll die Integration von gestenbasierten Eingabegeräten gefördert werden, indem Entwicklern Hinweise für die Erstellung gebrauchstauglicher Hard- und Software gegeben werden sollen.

## Literaturverzeichnis

- Dettmann, A. & Bernhagen, M. & Bullinger, A.C. (2015). Eignung gestenbasierter Eingabegeräte an Bildschirmarbeitsplätzen – eine vergleichende Untersuchung. GfA, Dortmund (Hrsg.). 61. GfA Frühjahrskongress 2015. VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft.
- DIN EN ISO 9241- 9 (2000). *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 9: Anforderungen an Eingabemittelausgenommen Tastaturen*. Beuth: Berlin.
- 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*. 4/2001, S. 357-366.
- Schmidtke, H. (1993). *Ergonomie*. München, Wien: Hanser.
- Weichert, F., Bachmann, D. & Rudak, B. & Fisseler, D. (2013). Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors*. 5/2013. S.6380-6393.

## Kontaktinformationen

Max Bernhagen

Erfenschlager Straße 73 | Haus F | 09125 Chemnitz

Max.Bernhagen@mb.tu-chemnitz.de