

Eine empirische Untersuchung der individuellen Simulatorkrankheit bei modernen Augmented Reality Technologien

Mara KAUFELD

*Fraunhofer FKIE, Mensch-Maschine-Systeme
Zanderstraße 5, D-53177 Bonn*

Kurzfassung: Augmented Reality (AR) Technologien bieten neue Möglichkeiten für die Arbeitsgestaltung der Zukunft. Bevor diese Technologien etabliert werden können, müssen gesundheitliche Nebeneffekte, wie Simulatorkrankheit, ausgeschlossen werden. Anhand einer Nutzerstudie zur Evaluierung eines AR-Lernsystems mit 22 Teilnehmenden wurden Symptome der Simulatorkrankheit nach 12-minütiger Exposition untersucht. Mithilfe virtueller Annotationen, die durch die Microsoft HoloLens generiert wurden, erlernten die Teilnehmenden Funktionen einer Hubschrauberkonsole. Vor und nach dem Lernen wurden Symptome der Simulatorkrankheit abgefragt. Die Ergebnisse legen nahe, dass bei Nutzung der HoloLens Symptome von okulomotorischem Unwohlsein auftreten und gastrointestinale und vestibuläre Symptome eine untergeordnete Rolle spielen. Zukünftige Untersuchungen sollten bewegliche Objekte in die AR miteinbeziehen, um den potentiellen Einfluss auf weitere Symptome zu ergründen.

Schlüsselwörter: Augmented Reality, Simulatorkrankheit, Lernsystem

1. Einleitung

Moderne Technologien der Augmented Reality (AR), also der erweiterten Realität, ermöglichen die Darstellung von zusätzlichen Informationen in einer Vielzahl von Anwendungskontexten. AR kann mithilfe von Handys und Tablets, aber auch mit Head-Mounted Displays (HMDs), wie zum Beispiel der Microsoft HoloLens, umgesetzt werden. Diese Technologien bieten neue Möglichkeiten für die Arbeitsgestaltung der Zukunft. Bevor diese Technologien flächendeckend eingesetzt werden können, ist es ratsam, Nutzerstudien zur kognitiven Ergonomie in der Anwendung heranzuziehen.

Insbesondere mögliche gesundheitliche Nebeneffekte bei der Anwendung von AR-HMDs sind miteinzubeziehen. Im Bereich der Virtual Reality (VR) ist Simulatorkrankheit ein verbreitetes und bereits gut untersuchtes Phänomen. Simulatorkrankheit gliedert sich in verschiedene Subsymptome, die okulomotorische, gastrointestinale und vestibuläre Beeinträchtigungen beschreiben. Um die subjektiv empfundenen Auswirkungen der Simulatorkrankheit zu ermitteln, hat sich der Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) von Kennedy, Lane, Berbaum und Lilienthal (1993) etabliert, welcher die Symptome der Simulatorkrankheit erfasst und ein Maß für die Stärke liefert.

Bisher wurde Simulatorkrankheit bei der Erforschung von AR-Technologien vernachlässigt. Dörner und Steinicke (2019) führen an, dass sowohl Nutzer von VR als auch von AR unerwünschte Nebenwirkungen erleben, die der Simulatorkrankheit zugeordnet werden können. Beispielsweise werden Sehstörungen durch die Nähe des Bildschirms zu den Augen genannt. Da VR- und AR-Technologien einige gemeinsame

Eigenschaften vorweisen, ist es naheliegend, dass beide Simulatorkrankheit hervorrufen können, wenn auch in möglicherweise unterschiedlichen Charakteristiken (Vovk, Wild, Guest & Kuula, 2018). Eine Studie von Vovk et al. (2018) untersuchte das Auftreten von Simulatorkrankheit in AR unter Nutzung der HoloLens anhand Anwendungen aus Medizin sowie Luft- und Raumfahrt an 142 Probanden. Die Nutzung der HoloLens löste, nach Angaben der Autoren, vernachlässigbare Symptome der Simulatorkrankheit aus. Am häufigsten wurde über okulomotorische Schwierigkeiten gegenüber Nausea und Desorientierung berichtet.

Des Weiteren haben Studien von Kaufmann und Dünser (2007) bei der Evaluation von AR-Lernsystemen im Geometrieunterricht Symptome der Simulatorkrankheit festgestellt. Diese Studien nutzten AR-HMDs und fanden hauptsächlich Symptome von okulomotorischem Unwohlsein (Kaufmann & Dünser, 2007).

Aufgrund der unklaren Studienlage ist eine erneute Betrachtung wesentlich, um hierbei explizit Vorher-Nachher-Vergleiche miteinzubeziehen. Im Anwendungsfall eines AR-Lernsystems zum Erlernen von Cockpit-Komponenten im Hubschrauber wird mithilfe der HoloLens eruiert, ob beim Einsatz von AR-HMDs Symptome der Simulatorkrankheit auftreten. Eine explorative Nutzerstudie zu möglichen Auswirkungen von AR auf die Symptomgruppen der Simulatorkrankheit ist essentiell, um gesundheitliche Nebeneffekte und damit einhergehende verringerte Akzeptanz und Sicherheit der Nutzer im Arbeitskontext auszuschließen.

2. Methode

Im Rahmen einer Usability-Untersuchung eines AR-Lernsystems wurde der Einfluss der 12-minütigen Nutzung der HoloLens auf potentielle Symptome der Simulatorkrankheit untersucht. Die Stichprobe, das AR-Lernsystem sowie der Versuchsablauf werden im Folgenden erläutert.

2.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 22 Probanden (1 weiblich) im Alter von 23.14 Jahren (SD = 9.55) teil. Die Probanden wurden unter den Mitarbeitern eines technischen Betriebs rekrutiert und nahmen freiwillig in ihrer Arbeitszeit teil.

2.2 AR-Lernsystem

Das AR-Lernsystem bestand aus einer HoloLens, dem HoloLens Clicker und einem Navigational Management System (NMS). Das NMS ist eine Komponente aus dem Hubschrauber Cockpit, die für Pilotenschüler besonders schwierig zu erlernen ist. Im Hubschrauber werden im NMS Routeneingaben für den Autopiloten gespeichert.

Die HoloLens von Microsoft (2017) ist eine binokulare Optical See Through AR-Brille mit einer Auflösung von 1268 x 720 Pixel pro Auge (Forbes, 2019). Die Bildwiederholrate liegt bei maximal 60 Hz und das Gewicht bei 579 Gramm (Microsoft, 2018). Zum Field of View äußert sich der Hersteller auf seiner Produktseite nicht. Inoffizielle Quellen verweisen auf ein horizontales Sichtfeld von ca. 30° und ein vertikales Sichtfeld von 17,5° (Upload VR, 2019). Der HoloLens Clicker wurde genutzt, um virtuell markierte Tasten auszuwählen und somit virtuelle Annotationen mit Erklärungstexten zu den Funktionen der Tasten zu öffnen (siehe Abbildung 1). Die virtuellen Annotatio-

nen nahmen maximal 50 % des Sichtfelds der HoloLens ein, also ca. 15° des gesamten horizontalen Sichtfelds eines Probanden. Während des gesamten Versuchsablaufs saßen die Probanden, wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, vor dem NMS.



Abbildung 1: Foto des Experimentalaufbaus mit Probanden

2.3 Versuchsablauf

Nach einem Briefing, einer schriftlichen Erklärung zur Nutzung der HoloLens und einer ersten Abfrage des SSQ folgte eine zweiminütige Exploration des Systems. Anschließend erlernten die Probanden innerhalb von zehn Minuten die Funktionen von zehn virtuell markierten Tasten. Zum Abschluss wurde die Usability mithilfe der System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996) und die Symptome der Simulatorkrankheit mit dem SSQ auf einem Tablet erfragt.



Abbildung 2: Versuchsablauf

3. Ergebnisse

Die allgemeine Usability des Systems wurde von den Probanden auf der SUS mit 77.27 (SD = 14.12) von 100 bewertet. Dieser Wert kann anhand der Richtwerte als gut bis exzellent eingeordnet werden (Bangor, Kortum & Miller, 2008).

Nichtparametrische Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben zeigten im Vorher-Nachher-Vergleich, dass das okulomotorische Unwohlsein ($z = -2.62$, $p = .036$, $d = 0.65$) und der Gesamtscore des SSQ ($z = -2.52$, $p = .048$, $d = 0.69$) nach der Anwendung der HoloLens signifikant erhöht waren (siehe *Abbildung 3*). Für die Skalen Nausea ($z = -1.93$, $p = .216$, $d = 0.58$) und Desorientierung ($z = -1.87$, $p = .248$, $d = 0.57$) wurden keine signifikanten Unterschiede im Vorher-Nachher-Vergleich gefunden. Die p-Werte wurden mithilfe der Bonferroni-Korrektur adjustiert, um für multiples Testen zu korrigieren.

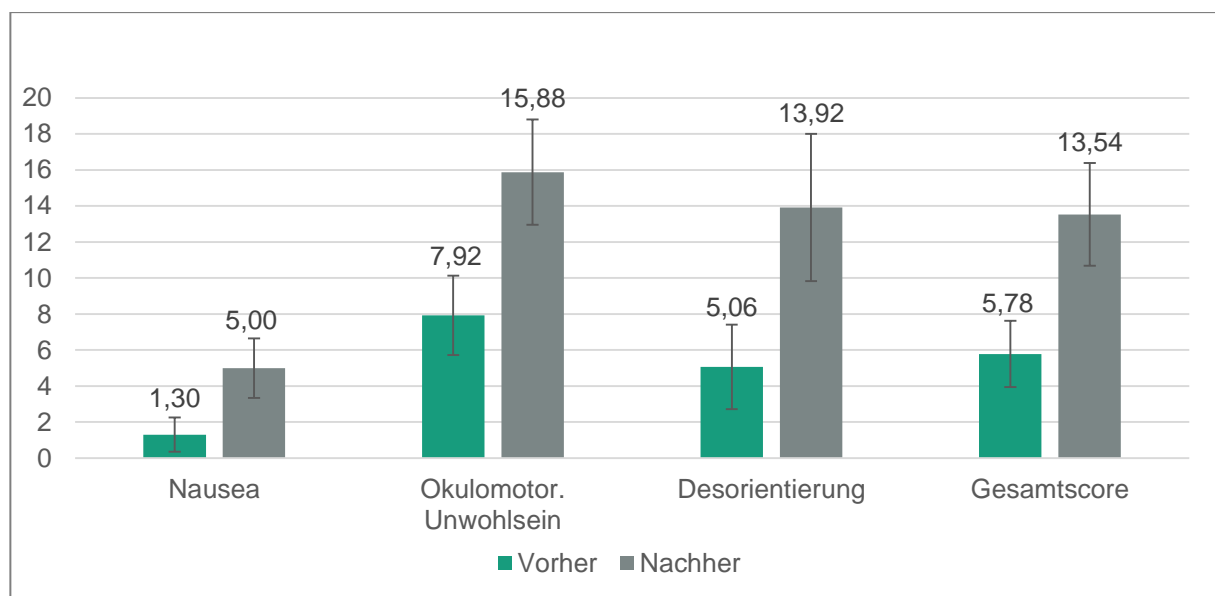


Abbildung 3: Symptome der Simulatorkrankheit unterschieden nach den drei Skalen des SSQ und dem Gesamtscore vorher und nachher. Fehlerbalken repräsentieren Standardfehler des Mittelwerts.

Das okulomotorische Unwohlsein kann nach Stanney, Kennedy und Drexler (1997) mit $M = 15.88$ ($SD = 13.74$) zu den ernsthaften Symptomen gezählt werden. Die Skala Desorientierung ($M = 13.91$, $SD = 19.19$) sowie der Gesamtscore ($M = 13.54$, $SD = 13.35$) können in die bedeutsamen Symptome und die Skala Nausea ($M = 5.00$, $SD = 7.76$) in die vernachlässigbaren Symptome eingeordnet werden.

Bei Betrachtung der Mittelwertdifferenzen der einzelnen Symptome ist zu erkennen, dass sich die Symptome angestrenzte Augen, Kopfdruck sowie verschwommenes Sehen im Vorher-Nachher-Vergleich am stärksten unterscheiden (*Abbildung 4*).

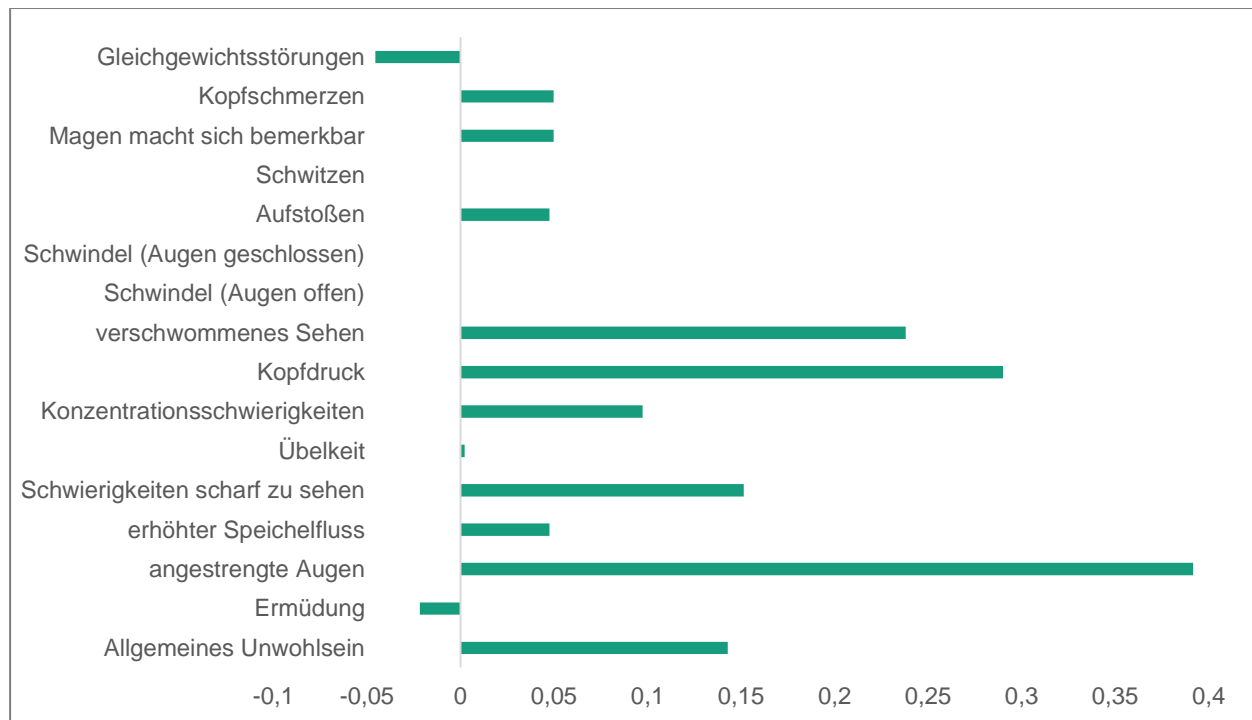


Abbildung 4: Mittelwertdifferenzen für die einzelnen Items des SSQ zwischen vorher und nachher.

4. Diskussion

Die vorliegende Nutzerstudie zeigte im Vorher-Nachher-Vergleich, dass Symptome der Simulatorkrankheit in Form von okulomotorischem Unwohlsein, bei Anwendung der HoloLens für ein Lernsystem, auftreten können. Durch die Einberechnung der Skala okulomotorisches Unwohlsein in den Gesamtscore zeigten sich auch hier signifikante Unterschiede im Vorher-Nachher-Vergleich. Für Nausea und Desorientierung wurden keine statistisch signifikanten Symptome nach der AR-Exposition festgestellt. Werden die Mittelwertunterschiede der einzelnen Symptome betrachtet, stechen die Symptome angestrengte Augen, Kopfdruck und verschwommenes Sehen besonders hervor. Diese Symptome entstehen vermutlich durch die visuell beanspruchende Tätigkeit beim Tragen der HoloLens. Kopfdruck kann sowohl durch den visuellen Input als auch durch das Gewicht und den Druck der HoloLens ausgelöst werden. Auch hier sind gastrointestinale und vestibuläre Symptome zu vernachlässigen. Das Auftreten von eher okulomotorischen Symptomen stimmt mit den Ergebnissen von früheren Studien überein (Kaufmann & Dünser, 2007; Vovk et al., 2018).

Es zeigt sich demnach, dass bei der vorliegenden AR-Anwendung die Simulatorkrankheit eine andere Charakteristik als bei VR-Anwendungen aufweist, mit vornehmlich okulomotorischen Symptomen. Um dies weiter zu eruieren empfiehlt sich, AR-Anwendungen mit beweglichen Annotationen zu betrachten, da diese einen Einfluss auf gastrointestinale und vestibuläre Symptome haben könnten. Diese Untersuchungen sind notwendig, um zu klären, ob bei Nebenwirkungen von AR-HMDs von Simulatorkrankheit geredet werden kann oder ob es sich vielmehr um eine Beanspruchung der Okulomotorik wie bei Bildschirmarbeit handelt.

5. Literatur

- Bangor, A., Kortum, P. T. & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *Intl. Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574–594.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Dörner, R. & Steinicke, F. (2019). Wahrnehmungsaspekte von VR. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)* (S. 43–78). Berlin: Springer.
- Forbes. (2019). *What We Know About HoloLens 2*. Zugriff am 17.01.2020. Verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/09/11/what-we-know-about-hololens-2/>
- Kaufmann, H. & Dünser, A. (2007). Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. In *International conference on virtual reality* (S. 660–669). Berlin: Springer.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire. An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203–220.
- Microsoft. (2017). *HoloLens*. Zugriff am 15.12.2017. Verfügbar unter <https://www.microsoft.com/de-de/hololens>
- Microsoft. (2018). *Technische Spezifikationen*. Zugriff am 28.02.2018. Verfügbar unter <https://www.microsoft.com/de-de/store/d/microsoft-hololens-development-edition/8xf18pqz17ts?activetab=pivot:techspecstab>
- Stanney, K. M., Kennedy, R. S. & Drexler, J. M. (1997). Cybersickness is not simulator sickness. In Human Factors and Ergonomics Society (Hrsg.), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting*. Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Upload VR. (2019). *HoloLens 2's Field of View Revealed*. Zugriff am 20.01.2020. Verfügbar unter <https://uploadvr.com/hololens-2-field-of-view/>
- Vovk, A., Wild, F., Guest, W. & Kuula, T. (2018). Simulator Sickness in Augmented Reality Training Using the Microsoft HoloLens. In R. Mandryk, M. Hancock, M. Perry & A. Cox (Hrsg.), *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI ,18* (S. 1–9). New York, NY: ACM Press.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**
Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de