

Exemplarische Untersuchung der Eignung elektrodermalen Aktivität als Indikator psychischer Beanspruchung in VR-Szenarien

Simon SIEBERS, Janina HORSTICK, Leonard PAWELZIK, Claus BACKHAUS

*Zentrum für Ergonomie und Medizintechnik, FH Münster
Bürgerkamp 3, D-48565 Steinfurt*

Kurzfassung: Virtual Reality (VR) mittels Head Mounted Display (HMD) erlaubt eine immersive Darstellung virtueller Welten, deren Nutzung mit Beanspruchungen und Nebenwirkungen einhergehen kann. Ziel dieser Arbeit war die Ermittlung der psychischen Beanspruchung mittels EDA, welcher Personen in der VR ausgesetzt sind. 10 Personen (5 m, 5 w, Ø-Alter 25 J.) mussten nach einer Ruhephase ein psychisch beanspruchendes Szenario in der VR bestehen. Dabei wurden die elektrodermale Aktivität (EDA) und Herzfrequenz (HF) gemessen und durch Fragebögen zu Immersion und Cybersickness ergänzt. Die EDA zeigte im Rahmen der Durchführung der Aufgabe einen mit der HF vergleichbar signifikanten Anstieg.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Beanspruchung, Herzfrequenz, Cybersickness, Elektrodermale Aktivität, Immersion

1. Situation

Durch die verstärkten technischen Entwicklungen mehrerer Unternehmen innerhalb der letzten Jahre sind Head Mounted Displays (HMD) mitsamt den notwendigen Zubehörteilen inzwischen deutlich fortschrittlicher und einfacher verfügbar als noch vor wenigen Jahren. Diese Geräte erlauben eine deutlich immersivere Darstellung virtueller Welten als klassische Anzeigegeräte. Immersion beschreibt dabei einen psychologischen Zustand, der sich dadurch auszeichnet, dass sich eine Person in eine in diesem Fall virtuelle Umgebung hineinversetzt fühlt, die kontinuierliche Stimuli liefert und mit der sie interagieren kann (Witmer & Singer 1998). Für die Interaktion mit der VR stehen dabei spezialisierte Eingabegeräte zur Verfügung. Mit diesen sind in entsprechenden Anwendungen Bedienkonzepte möglich, die sich deutlich von denen üblicher Eingabegeräte wie Maus und Tastatur unterscheiden.

VR-Systeme können unter anderem Einsatz als Simulator zur Überprüfung von Arbeitsaufgaben finden. Mit der Technik gehen dabei auch Nachteile einher. Ähnlich der Simulator Sickness bei klassischen Simulatoren können bei der Benutzung Übelkeitsgefühle auftreten, die als Cybersickness bezeichnet werden. Hervorgerufen werden kann Cybersickness dabei unter anderem durch starke Bewegungseindrücke, zahlreiche Kopfbewegungen oder die Diskrepanz zwischen verschiedenen Sinnesreizen (Barrett 2004).

Es besteht daher die Motivation herauszufinden, welchen Einfluss diese Form der Präsentation und Interaktion mit virtuellen Welten auf das Befinden der Nutzer hat. Methoden zur Ableitung der physischen und psychischen Beanspruchung sind dabei in Form der Herzfrequenzmessung mittels EKG, Erhebung subjektiven Empfindens mittels verschiedener Fragebögen und der Erfassung der elektrodermalen Aktivität

verfügbar. Ihre Eignung für die Ermittlung der Beanspruchung durch VR-Szenarien ist Gegenstand dieser Arbeit.

2. Methode

Zur Erfassung der Beanspruchung der Probanden wurde die elektrodermale Aktivität (EDA) gemessen. Der Sympathikus innerviert die ekkrinen Schweißdrüsen des Menschen und nimmt daher Einfluss auf deren Aktivität. Die Leitfähigkeit der Haut ändert sich dabei in Abhängigkeit des Zustandes der Schweißdrüsen und der einhergehenden Durchfeuchtung des Stratum Corneum. Daher kann die EDA als Indikator für die Aktivierung des autonomen Nervensystems genutzt werden (Boucsein 2012). Die EDA kann dabei unterteilt werden in den elektrodermalen Level (EDL) und die elektrodermalen Reaktionen (EDR). Der EDL unterliegt dabei zumeist langsamen Änderungen und wird auch als „tonischer“ Anteil bezeichnet. Die EDR stellen sich als charakteristische kurze Spitzen im Signalverlauf dar, deren Amplitude für gewöhnlich weit unterhalb der Größenordnung des EDL liegt. Sie können Folge spezifischer Stimuli sein, treten zumeist aber auch ohne erkennbaren Reiz auf und werden dann als nicht-spezifische EDR (NS.EDR) bezeichnet. Die EDR werden auch als „phasischer“ Anteil bezeichnet. Erhöhte psychische Beanspruchungen zeigen sich aufgrund der Stimulation durch den Sympathikus erfahrungsgemäß im Anstieg des EDL sowie zusätzlichen NS.EDR (Boucsein 2012).

Ergänzend zur EDA wurde die Herzfrequenz der Probanden mittels EKG aufgezeichnet. Mittels Ableitung der elektrischen Potentiale an der Hautoberfläche, die mit der Aktivität der Herzmuskelzellen einhergehen, kann aus den Signalen die Herzfrequenz ermittelt werden. Stimulation durch den Sympathikus, welche mit Beanspruchungssituationen einhergeht, führt unter anderem zu einer Steigerung der Herzfrequenz (Faller & Schünke 2008). Die Herzfrequenz stellt damit einen etablierten Parameter zur Ermittlung von physischen und psychischen Beanspruchungsreaktionen dar.

2.1 Versuchsdurchführung

Zu Beginn der Untersuchung wurden die Probanden über den Versuchsablauf informiert, um anschließend den Immersive Tendencies Questionnaire (ITQ) in der Version des UQO Cyberpsychology Labs (2004) und eine angepasste Form des Motion Sickness Susceptibility Questionnaire (MSSQ) (Golding 2006) auszufüllen. Nach Anlegen der Messausrüstung wurden die Probanden in einer 5-minütigen Ruhesituation vermessen, während derer sie alleine ruhend auf einem Stuhl saßen. Danach erhielten die Probanden die VR-Ausrüstung angelegt und wurden in das VR-Messszenario „Keep Balance VR“ gebracht. Darin befanden sie sich auf dem Dach eines Hochhauses stehend mit dem Ziel, über einen sich verjüngenden Steg balancierend auf das benachbarte Hochhaus zu gelangen. Die Vorwärtsbewegung innerhalb der VR fand automatisch statt, das Balancieren erfolgte ausschließlich durch Kopfbewegungen. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass keine Messartefakte in der EDA durch Benutzung der Eingabegeräte auftreten konnten.

Diese Belastungsphase dauerte 5 Minuten. Während dieser Zeit musste die genannte Aufgabe von den Probanden wiederholt durchgeführt werden. Die Untersuchung wurde im Nachgang durch das Ausfüllen des Simulator Sickness Question-

naire (SSQ) (Kennedy et al. 1993) und des Slater-Usch-Steed-Questionnaire (SUSQ) (Slater et al. 1995) abgeschlossen.



Abbildung 1: Darstellung im Spiel „Keep Balance VR“. Links: Der Blick auf das zu erreichende Ziel mit Einblendung der bisher zurückgelegten Strecke. Dies ist der übliche Blickwinkel während der Bewältigung der Aufgabe. Rechts: Der Blick nach unten lässt die vermeintliche Höhe des Stegs erkennen. Die Probanden erhielten diesen Blickwinkel nur durch bewusstes Herabblicken oder mitunter beim Sturz vom Steg.

2.2 Personen und Messausrüstung

Als Versuchspersonen (VP) wurden insgesamt 10 Studierende (5 weiblich, 5 männlich) der FH Münster mit einem durchschnittlichen Alter von 25 Jahren ausgewählt. Alle Probanden hatten bereits geringe Erfahrungen mit VR-Spielen gemacht. Der Datensatz einer Person wurde aufgrund offensichtlich fehlerhafter Daten verworfen. Das Signifikanzniveau wurde für alle Messungen mit $\alpha = 0,05$ angesetzt.

In den Versuchen wurde als HMD eine „HTC Vive“ eingesetzt. Die Messungen der elektrodermalen Aktivität und der Herzfrequenz wurden mit dem Messsystem „Biopac MP150“ durchgeführt. Für die Ableitung der elektrodermalen Aktivität kamen Ag-AgCl-Elektroden an den Handballen der nicht-dominanten Hand zum Einsatz. Die Ableitung des Elektrokardiogramms erfolgte nach Einthoven mittels Ag-AgCl-Elektroden, die auf dem Brustkorb der VP angebracht wurden.

Zur Erfassung der subjektiven Faktoren kamen verschiedene Fragebögen zum Einsatz. Mit dem Immersive Tendencies Questionnaire (ITQ) (Witmer & Singer 1998) in der Version des UQO Cyberpsychology Labs (2004) wurden die Immersionstendenzen der Probanden ermittelt. Zur Erfassung der Tendenz zur Neigung zu Motion Sickness kam der Motion Sickness Susceptibility Questionnaire (MSSQ) zum Einsatz (Golding 2006). Ein mögliches Auftreten der Simulator Sickness wurde im Nachgang der Messungen mit dem Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) (Kennedy et al. 1993) erfasst. Der Slater-Usch-Steed Questionnaire (SUSQ) (Slater et al. 1995) diente im Nachgang zur Erfassung der empfundenen Präsenz.

3. Ergebnisse

Für die Auswertung der Herzfrequenz und der elektrodermalen Aktivität wurden die Testphasen jeweils in zwei Abschnitte mit einer Länge von je 2,5 Minuten unterteilt, in denen jeweils der arithmetische Mittelwert der Messgrößen gebildet wurde. Aus der Ruhephase wurde nur die zweite Hälfte verwendet, um Verfälschungen durch anfänglich noch bestehende Aufregung auszuschließen. Die Unterteilung der Belastungsphase erlaubte, etwaige Gewöhnungseffekte während des Absolvierens der Aufgabe in der VR zu erkennen. Abbildung 2 stellt die Ergebnisse grafisch dar.

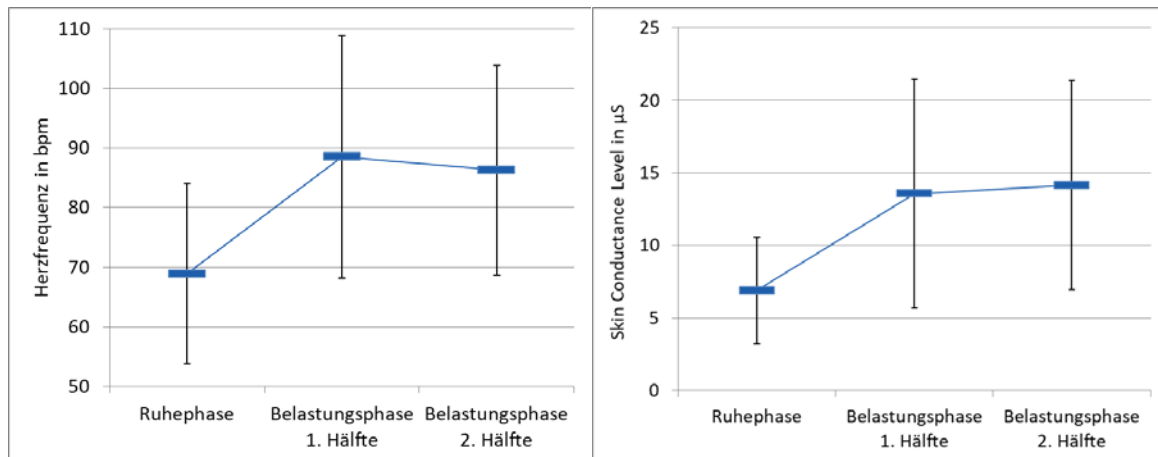


Abbildung 2: Vergleich der mittleren Herzfrequenz (links) und der elektrodermalen Aktivität (rechts) jeweils während der zweiten Hälfte der Ruhephase und der ersten und zweiten Hälfte der Belastungsphase. Beide Parameter zeigen einen signifikanten Anstieg in der Belastungsphase gegenüber der Ruhephase.

Innerhalb der Belastungsphase stiegen die Herzfrequenz und die elektrodermale Aktivität der VP verglichen mit der Ruhephase signifikant an ($p = 0,001$ für HR und $p = 0,005$ für EDA). Zwischen erster und zweiter Hälfte der Belastungsphase war kein signifikanter Unterschied mehr zu beobachten ($p = 0,40$ bzw. $p = 0,42$).

Die 18 Fragen des anfänglichen ITQ können den vier Items „Fokus“, „Beteiligung“, „Emotion“ und „Spiel“ zugeordnet werden. Die durchschnittlich erreichten Scores für jedes Item sind in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1: Durchschnittliche Scores je Item nach Auswertung der Immersive Tendencies Questionnaires. Die Scores ergeben sich aus der Summe der vergebenen Punkte auf der 7-stufigen Likert-Skala der den Items zugehörigen Fragen.

Item	Fokus	Beteiligung	Emotion	Spiel
Mittlerer Score (M)	25,90	20,51	15,20	6,70

Bei der Auswertung des SUSQ ergab sich ein mittlerer Score von $M = 18$, $SD = 5$. Die Korrelation zwischen der Tendenz zur Immersion laut ITQ und dem Präsenzerleben in der VR laut SUSQ zeigt eine schwache Ausprägung ($r = 0,40$).

Die Antworten des SSQ können den Items „Übelkeit“ und „Okulomotorik“ zugeordnet werden. Der arithmetische Mittelwert der Scores für das Item „Übelkeit“ lag bei $s = 2,70$, $SD = 2,71$, der für das Item „Okulomotorik“ bei $s = 2,00$, $SD = 2,40$. 2 Probanden berichteten von gar keinen entsprechenden Symptomen. Zwischen den Angaben zur Anfälligkeit für eine Motion Sickness im MSSQ und dem Auftreten von Symptomen einer Cybersickness laut SSQ konnte eine mittlere Korrelation festgestellt werden ($r = 0,56$).

4. Diskussion

Die anfängliche Erwartung, dass das Messszenario eine psychische Beanspruchung für die Probanden darstellt, zeigte sich in den Messwerten bestätigt. Dabei zeigten sowohl die Messung der Herzfrequenz als auch die Messung der elektroder-

malen Aktivität signifikante Unterschiede. Ein Gewöhnungseffekt an die Aufgabe mit einhergehender Verringerung der Beanspruchung konnte nicht beobachtet werden. Trotz kontinuierlicher Kopfbewegung und automatisierter Fortbewegung zeigten die Probanden dabei geringe Anfälligkeit für Cybersickness.

Die EDA verlangt im Idealfall nach Messungen an den Fingern oder wie hier durchgeführt an den Handballen. Messungen am Arm oder anderen Stellen des Körpers sind möglich, führen aber zu weiterer Verringerung der Qualität der Messwerte. (Boucsein 2012) Für Aufgaben, die den Einsatz beider Hände verlangen, etwa zur Bedienung eines Eingabegerätes, können sich bei Messung an der Hand entsprechende Störartefakte ergeben.

Im Gegensatz zum gewählten psychischen Belastungsszenario werden physische Belastungsszenarien in der VR oftmals dadurch eingeschränkt, dass die Systeme und Anwendungen bisher üblicherweise nur auf Bewegung im eingeschränkten Bereich ausgelegt sind. Aufgaben mit größerer Lokomotion können daher nur eingeschränkt untersucht werden.

Es bleibt zu überprüfen, inwiefern die Beanspruchung ursächlich von der Darstellung mittels HMD abhängt. Denkbar wäre, dass alleine die Darbietung des Szenarios auf klassischen Bildschirmen oder die generelle Konfrontation mit der Aufgabe diese Effekte auslösen. Es bietet sich an, in weiteren Untersuchungen darauf zu fokussieren, das gleiche Szenario in VR und in klassischer Darstellung an einem PC-Bildschirm zu vergleichen.

5. Literatur

- Barret, J (2004) Side Effects of Virtual Environments: A Review of the Literature. DSTO Information Sciences Laboratory (Hrsg.).
- Boucsein, W (2012) Electrodermal activity. New York: Springer Science + Business Media, 2012.
- Faller A, Schünke M (2008) Der Körper des Menschen. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Golding JF (2006) Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire. *Personality and Individual Differences* 41(2):237-248.
- Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG (1993) SSQ: Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology* 3(3):203-220.
- Slater M, Usoh M, Steed A (1995) Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 2(3):201-219.
- UQO Cyberpsychology Lab (2004) Immersive Tendencies Questionnaire.
- Witmer BG, Singer MJ (1998) Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7(3):225-240.

Danksagung: Unser Dank geht an die beteiligten Studierenden des Studiengangs Biomedizinische Technik an der FH Münster für ihren Beitrag zur Umsetzung der beschriebenen Versuchsreihen.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de