

## Untersuchung des Einflusses von Augmented Reality auf die Beanspruchung in der Kardiotechnik

Elisabeth IBENTHAL, Leonard PAWELZIK, Claus BACKHAUS

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

**Kurzfassung:** In der vorliegenden Untersuchung wurde der Einfluss einer AR-Brille auf die Beanspruchung an einem Kardiotechnikarbeitsplatz analysiert. Dafür wurde in einer OP-Umgebung mit Herz-Lungen-Maschine ein Usability-Test mit 10 studentischen Probanden durchgeführt. Verglichen wurde ein Szenario mit einem Monitor und einer AR-Brille, auf denen drei Vitalparameter des Patienten dargestellt wurden. Kritischen Abweichungen mussten die Probanden durch Einstellungen an der Herz-Lungen-Maschine entgegenwirken. Als Ergebnis können AR-Brillen die körperliche und zeitliche Anforderung sowie Anstrengung an einem Kardiotechnikarbeitsplatz signifikant reduzieren ( $p < 0.05$ ,  $r_{\text{körper}} = 0.715$ ,  $r_{\text{zeit}} = 0.557$ ,  $r_{\text{Anstrengung}} = 0.815$ ). Allerdings können durch den Einsatz von AR-Brillen neue Belastungen entstehen, z.B. durch das Tragen einer schlecht angepassten AR-Brille.

**Schlüsselwörter:** Usability-Test, AR-Brille, Herz-Lungen-Maschine, psychische Beanspruchung

### 1. Situation

Durch den Einsatz von Augmented Reality (AR) werden dem Anwender Informationen zur Verfügung gestellt, die sonst nicht bzw. nur schwer zugänglich sind. Dieser Informationsgewinn kann Arbeitsprozesse optimieren sowie die Belastung der Anwender reduzieren.

Exemplarisch wurden AR-Brillen in der Medizin als Navigationshilfe bei der Endoskopie und Laparoskopie sowie der Entfernung von Hirn- und Brusttumoren eingesetzt (Devernay et al. 2001; Garcia-Cruz et al. 2018; Sato et al. 1998; Shuiber et al. 2004; Maruyama et al. 2018). Dafür wurden mit Hilfe bildgebender Verfahren (z. B. der Computertomographie) anatomische 3D-Modelle der Körper- bzw. Tumorregion erstellt. Durch den intraoperativen Einsatz einer AR-Brille überlagerten die 3D-Modelle das Operationsfeld und unterstützten den Operateur bei der Tumorlokalisierung. Daraus resultierte eine verringerte Invasivität der Operationen (Shuiber et al. 2004). Auch beim Einsetzen von Hüft- und Knieimplantaten wurden AR-Brillen auf Basis präoperativer Pläne zur Ausrichtung einzelner Implantatkomponenten eingesetzt (DiGioia et al. 1998). In der plastischen Chirurgie zeigten AR-Brillen während einer Operation die gewünschten Operationsergebnisse an, die im Vorfeld computerunterstützt konstruiert wurden. Der direkte Vergleich des operativen Ist- und Sollzustands verbesserte die Ergebnisse der rekonstruierenden Operationen (Mitsuno et al. 2017). Als weitere potentielle Anwendungsfelder von AR-Brillen identifizierten

Garcia-Cruz et al. (2018) das Teilen von Testergebnissen und die Verwendung für digitale Sicherheits-Checklisten vor Operationen.

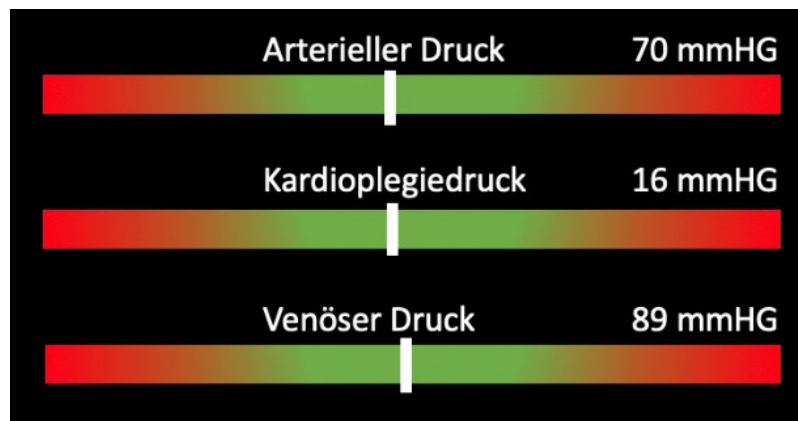
Neben der Unterstützung des Operateurs bietet die AR als neue Technologie vielfältige Möglichkeiten zur Verbesserung und Steuerung von Medizintechnik. Z. B. können ausgewählte Vitalparameter des Patienten in das Blickfeld eines klinischen Anwenders eingeblendet werden, der diese Informationen zum Einstellen der Medizintechnik benötigt.

Besonders Kardiotechniker sind zur Bedienung der Herz-Lungen-Maschine (HLM) auf eine kontinuierliche Überwachung der Vitalparameter angewiesen. Diese werden auf mehreren Patientenmonitoren angezeigt, die anhand der Bedürfnisse des Operateurs ausgerichtet werden. Folglich sind die notwendigen Vitalparameter für den Kardiotechniker häufig nicht ausreichend einsehbar.

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Einfluss einer AR-Brille auf die Beanspruchung an einem Kardiotechnikarbeitsplatz während der Bedienung einer HLM analysiert.

## 2. Methode

In einer OP-Umgebung mit HLM wurde ein Usability-Test mit 10 studentischen Versuchspersonen (VP,  $25 \pm 2$  Jahre) durchgeführt. Verglichen wurde ein Szenario mit einem Monitor und einer AR-Brille. Auf diesen wurden als Vitalparameter der Kardioplegiedruck sowie der arterielle und venöse Blutdruck farbcodiert als Balken-Hybridanzeigen dargestellt (s. Abbildung 1). Die Visualisierung erfolgte mit Microsoft PowerPoint 2016.



**Abbildung 1:** Darstellung der akzeptablen (grün) und kritischen (rot) Druckbereiche des arteriellen und venösen Blutdrucks sowie des Kardioplegiedrucks. Der schwarze Hintergrund wird auf der AR-Brille transparent dargestellt.

### 2.1 Durchführung

In den Szenarien mussten die VP die Druckanzeigen auf dem Monitor bzw. der AR-Brille überwachen und kritischen Druckveränderungen durch Einstellungen von drei Drehreglern an der HLM entgegenwirken. Als Neben- bzw. Ablenkungsaufgabe lösten die VP zeitgleich Additions- und Zählaufgaben des Konzentrationstests „KONT-P“ von Psychomeda (Satow 2011). Die HLM und der Monitor befanden sich bei der Bearbeitung des KONT-P im Rücken der VP.

Pro 15-minütigem Szenario traten in zufälligen Zeitabständen fünf kritische Druckveränderungen auf. Die Reihenfolge der Druckveränderungen und der Szenarien mit AR-Brille und Monitor wurde randomisiert.

Während beider Szenarien wurde die Herzratenvariabilität (HRV) und Reaktionszeit der VP auf kritische Druckveränderungen gemessen. Die Reaktionszeit umfasste das Zeitintervall zwischen dem Erreichen eines kritischen Druckbereiches und der Einstellung der Drehregler der HLM durch die VP. Im Anschluss an ein Szenario füllten die VP den Fragebogen NASA Raw TLX aus (Hart 1986). In diesem beurteilten die VP die geistige, körperliche und zeitliche Anforderung der Szenarien sowie ihre Leistung, Anstrengung und Frustration auf einer 20-stufigen Likert-Skala.

## 2.2 Auswertung

Für die Reaktionszeiten wurden pro VP und Szenario die arithmetischen Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) berechnet. Aus dem Fragebogen NASA Raw TLX wurde die Gesamtbeanspruchung jeder VP bestimmt. Sowohl für die Gesamtbeanspruchung als auch für die Subskalen wurden die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen beider Szenarien berechnet. Zur Auswertung des KONT-P diente das arithmetische Mittel der Anzahl bearbeiteter sowie richtig gelöster Aufgaben. Eine Frequenzbereich-Analyse der HRV mittels Fast-Fourier-Transformation bestimmte die Aktivität im Hochfrequenzband von 0.15 - 0.40 Hz (High Frequency Power – HF). Die analytische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics 20. Zur Untersuchung auf Unterschiede zwischen den Szenarien mit AR-Brille und Monitor wurden die Messwertdifferenzen mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft ( $\alpha = 0.05$ ). Für normalverteilte Daten folgten zweiseitige t-tests, für nicht-normalverteilte Daten Wilcoxon-Tests ( $\alpha = 0.05$ ). Für signifikante Unterschiede erfolgte die Berechnung der Effektstärke als Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$ .

## 3. Ergebnisse

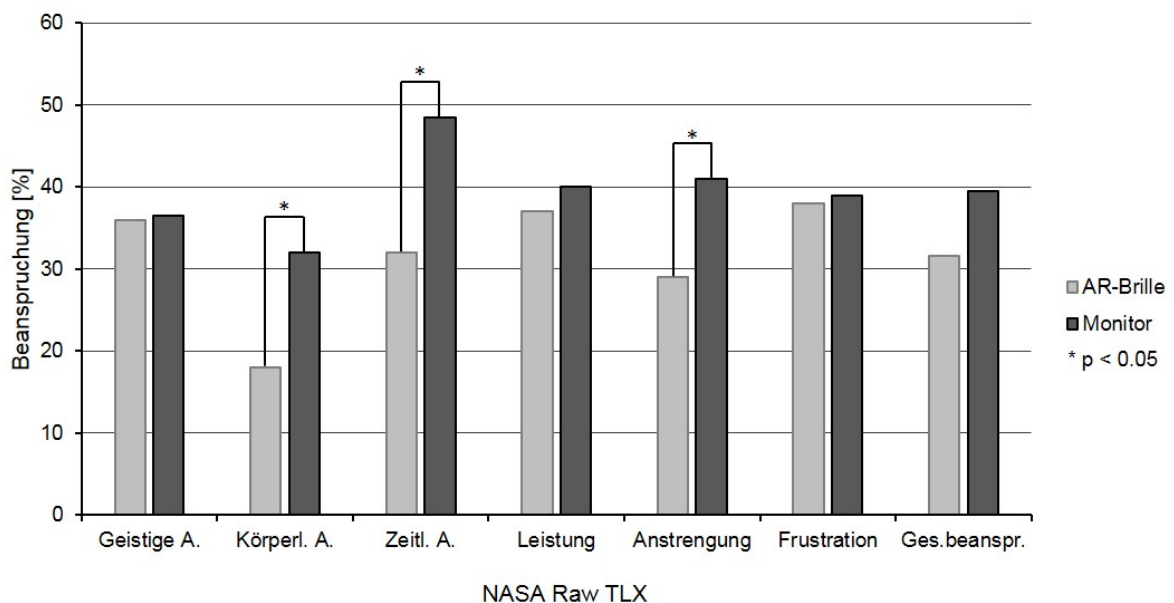
In Tabelle 1 sind die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeit, der HF, der Beanspruchung aus dem NASA Raw TLX und der Ergebnisse des KONT-P dargestellt. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des NASA Raw TLX für die einzelnen Subskalen und die Gesamtbeanspruchung.

Als Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests sind alle erhobenen Parameter normalverteilt ( $p > 0.05$ ). Unterschiede in der Reaktionszeit, der HF und der Bearbeitung des KONT-P wurden zwischen den Szenarien mit AR-Brille und Monitor nicht nachgewiesen ( $p > 0.05$ ).

Die körperliche und zeitliche Anforderung sowie die Anstrengung wurde von den VP für das Szenario mit Monitor signifikant höher beurteilt als für das Szenario mit AR-Brille ( $p < 0.05$ ,  $r_{\text{körper}} = 0.715$ ,  $r_{\text{zeit}} = 0.557$ ,  $r_{\text{Anstrengung}} = 0.815$ ). Für die geistige Anforderung sowie die Leistung, Frustration und Gesamtbeanspruchung wurden keine Unterschiede nachgewiesen ( $p > 0.05$ ).

**Tabelle 1:** Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen der erhobenen Parameter (n = 10)

Parameter	AR-Brille		Monitor		Signifikanz (* p < 0.05)
	MW	SD	MW	SD	
<b>Reaktionszeit [s]</b>	8 ±	3	13 ±	6	
<b>HF [ms<sup>2</sup>]</b>	492 ±	1535	498 ±	1502	
<b>NASA Raw TLX</b>					
Gesamtbeanspruchung [%]	32 ±	12	40 ±	18	
Geistige Anforderung [%]	36 ±	20	37 ±	21	
Körperliche Anforderung [%]	18 ±	14	32 ±	22	*
Zeitliche Anforderung [%]	32 ±	20	49 ±	25	*
Leistung [%]	37 ±	25	40 ±	23	
Anstrengung [%]	29 ±	20	41 ±	20	*
Frustration [%]	38 ±	22	39 ±	28	
<b>KONT-P</b>					
Bearbeitete Aufgaben [n]	100 ±	17	104 ±	18	
Richtig gelöste Aufgaben [n]	97 ±	18	101 ±	18	



**Abbildung 2:** Ergebnisse des NASA Raw TLX für die Szenarien mit AR-Brille und Monitor

#### 4. Diskussion

Unterschiede in der Reaktionszeit wurden zwischen den Szenarien mit AR-Brille und Monitor nicht nachgewiesen. Eine mögliche Begründung ist, dass das Ablesen der Vitalparameter in beiden Szenarien einen ähnlichen Zeitumfang erforderte. Während sich die VP zum Ablesen der Vitalparameter auf dem Monitor regelmäßig umdrehen mussten, beanspruchte im Szenario mit AR-Brille die Fokussierung der Vital-

parameter Zeit. Diese wurde zusätzlich durch einen schlechten Sitz der AR-Brille und damit zusammenhängenden Schwierigkeiten beim Erkennen der Daten beeinflusst.

Dass die Wahrnehmung kritischer Druckveränderungen in beiden Szenarien die gleiche Zeit erforderte, zeigt sich auch in den Ergebnissen des KONT-P. Die Drucküberwachung auf der AR-Brille hatte im Vergleich zur Überwachung auf dem Monitor keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl bearbeiteter Aufgaben.

Im Gegensatz dazu steht die Beurteilung der zeitlichen Anforderung beider Szenarien durch die VP im NASA Raw TLX-Fragebogen. Die zeitliche Anforderung des Szenarios mit Monitor wurde signifikant höher bewertet als für das Szenario mit AR-Brille. Es ist möglich, dass die VP die Körperdrehung zum Monitor als besonders zeitintensiv wahrnahmen. Diese wirkt sich auch auf die körperliche Anforderung sowie die Anstrengung der VP aus, die für das Szenario mit Monitor signifikant höher wahrgenommen wurden. Die Nutzung einer AR-Brille kann demnach durch den Wegfall repetitiver Bewegungsabläufe die wahrgenommene körperliche und zeitliche Anforderung sowie Anstrengung der VP reduzieren.

Unterschiede in der Anzahl richtig gelöster Aufgaben des KONT-P wurden zwischen den Szenarien nicht nachgewiesen. Der Einsatz einer AR-Brille wirkt sich folglich nicht auf die Leistungsfähigkeit der VP aus. Dies bestätigen auch die im NASA Raw TLX-Fragebogen bewertete geistige Anforderung und Leistung, für die keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen wurden.

Es kann jedoch sein, dass zur Beurteilung beider Subskalen nicht die Verwendung des Monitors und der AR-Brille herangezogen wurde, sondern die Bearbeitung des KONT-P. Da der Aufgabentyp in beiden Szenarien gleich war, stellte die Ablenkungsaufgabe eine gleichbleibende psychische Belastung für die VP dar. Wird diese Belastung von den VP zur Bewertung der geistigen Anforderung herangezogen, ändert sich die wahrgenommene Beanspruchung wahrscheinlich nicht. Hier sollten weitere Untersuchungen den Einfluss einer AR-Brille auf die Leistung an einem Kardiotechnikarbeitsplatz erfassen.

Auch für die Frustration der VP wurden keine Unterschiede nachgewiesen. Sowohl die Verwendung eines Monitors als auch einer AR-Brille beinhaltet Faktoren, die sich negativ auf die Emotionen der Anwender auswirken. Bei dem Monitor können dies die notwendigen Körperdrehungen sein, bei der AR-Brille die bisher fehlende individuelle Anpassung an den Träger.

Signifikante Unterschiede in der HRV wurden zwischen den Szenarien nicht nachgewiesen. Folglich hat die Verwendung einer AR-Brille keinen überzufälligen Einfluss auf die psychische Gesamtbeanspruchung der VP. Dies wird durch die Selbsteinschätzung der VP im NASA Raw TLX-Fragebogen bestätigt.

Zusammengefasst haben AR-Brillen das Potential, die Beanspruchung am Kardiotechnikarbeitsplatz zu reduzieren. Allerdings können durch den Einsatz dieser neuen Technologie auch zusätzliche Belastungen entstehen, z.B. durch das Tragen einer schlecht angepassten AR-Brille. Zukünftig sollte der Einsatz von AR zur Unterstützung eines Kardiotechnikers im realen Kontext untersucht werden.

## 5. Literatur

- Devernay F, Mourgues F; Coste-Maniere E. (2001) Towards endoscopic augmented reality for robotically assisted minimally invasive cardiac surgery. Proceedings International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality. International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality. Shatin, Hong Kong, China, 10-12. Juni 2001. IEEE Computer Soc.:16-20

- DiGioia AM, Jaramaz B, Blackwell M (1998) The Otto Aufranc Award: image guided navigation system to measure intraoperatively acetabular implant alignment. *ClinOrthop*. 355:8-22.
- Garcia-Cruz E, Bretonnet A, Alcaraz A (2018) Testing Smart Glasses in urology: Clinical and surgical potential applications. *Actas Urol Esp*. 42(3):207-211.
- Hart SG (1986) Paper and Pencil Package. Human Performance Research Group, NASA Ames Research Center. NASA Task Load Index (TLX) 1
- Maruyama K, Watanabe E, Kin T, Salto K, Kumukiri A, Noguchi A, Nagane M, Shiokawa Y (2018) Smart glasses for neurosurgical Navigation by Augmented Reality. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 15(5):551-556.
- Mitsuno D, Ueada K, Itamiya T, Nuri T, Otsuki Y (2017) Intraoperative Evaluation of Body Surface Improvement by an Augmented Reality System that a Clinician can modify. *Plastic and Reconstructive Surgery* 5(8):1432
- Sato, Y.; Nakamoto, M.; Tamaki, Y.; Sasama, T. et al.; Image guidance of breast cancer surgery using 3-D ultrasound images and augmented reality visualization. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 17 (5), S. 681-693, 1998. doi: 10.1109/42.736019
- Satow L (2011) Psychomeda-Konzentrationstest (KONT-P): Skalendokumentation und Normen. Online: <https://www.psychomeda.de/online-tests/Psychomeda-Konzentrationstest.pdf>, Stand 14.5.2018
- Shuhaiber JH (2004) Augmented Reality in Surgery. *Arch surg* (139):170-174



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)