

## **Virtual Training in der Intralogistik: Evaluation eines Virtual-Reality-gestützten Serious Games eines Verpackungsarbeitsplatzes**

Veronika KRETSCHMER, Felix Moritz BEDARF, André TERHAREN

*Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4, D-44227 Dortmund*

**Kurzfassung:** Die digitale Durchdringung in der Intralogistik lässt neue Methoden der Mitarbeiterqualifizierung entstehen. Im vorliegenden Beitrag wird die Evaluation eines Virtual-Reality-basierten Serious Games eines Verpackungsarbeitsplatzes vorgestellt. Das virtuelle Training zeichnet sich durch eine gute Benutzerfreundlichkeit, ein positiv bewertetes Nutzererleben und eine moderate Beanspruchung der Probanden aus. Die intrinsische Motivation der Trainierenden ist mit der Usability und User Experience assoziiert. Der mentale Workload hängt mit der Benutzerfreundlichkeit des VR-Games sowie technikbezogenen Persönlichkeitsmerkmalen der Trainierenden zusammen. Die Kombination von Serious Games mit virtuellen Welten stellt ein neues Forschungsfeld dar und bietet eine moderne Alternative zu klassischen Schulungsmethoden in der Intralogistik.

**Schlüsselwörter:** Virtual Reality, Virtual Training, Serious Game, Kognitive Ergonomie, Usability, User Experience, Workload

### **1. Stand der Forschung und Vorhaben**

#### *1.1 Virtuelle Trainings*

Virtuelle Trainingswelten finden in verschiedenen beruflichen Kontexten und Branchen ihre Anwendung. Bisherige Studien zeigen, dass sich insbesondere im Bereich der Mitarbeiterqualifizierung Virtual-Reality-(VR-)gestützte Simulationen eignen, um Fähigkeiten zu trainieren, zu bewerten und Fehler zu reduzieren. Durch die immersive Wirkung der VR-Technologie bietet sich dem/der Nutzer/-in die Möglichkeit, Situationen sehr realistisch wahrzunehmen. Gleichzeitig können Szenarien erlebt werden, die in der Realität nur schwierig oder kostenintensiv simuliert werden können. Virtuelle Lernumgebungen und Trainings werden bisher verstärkt in der Luftfahrtindustrie (Flugsimulatoren), in der Unterhaltungsindustrie (Video Spiele, Simulatorflüge), im medizinischen Bereich (Training medizinischer Abläufe und Verfahren), im Bereich der motorischen Rehabilitation, im Bereich der Öl- oder Erdölexploration, bei der Automobilkonstruktion, im Rahmen professioneller Sporttrainings oder Sicherheitstrainings im Bereich der Bauindustrie angewendet (Guo et al. 2017, Holden 2005, Miles et al. 2012).

#### *1.2 Serious Games*

Eine besondere Form der digitalen Wissensvermittlung ist die spielerische Lernmethode eines „Serious Games“. Hier werden Spielemechaniken mit passenden Lernmechaniken kombiniert, um den Lernerfolg zu erhöhen (Arnab et al. 2015). Eine

Metaanalyse von Clark et al. (2016) verdeutlicht, dass digitale Games, das Lernverhalten signifikant im Vergleich zu nichtspielerischen Bedingungen steigern können und dass die Lerneffekte mit dem digitalen Game Design und der Komplexität der Interaktionen mit der Umwelt im Game assoziiert sind.

### *1.3 Forschungsziel*

Die Logistikbranche gewinnt einhergehend mit der ansteigenden Globalisierung und Flexibilisierung des Arbeitsmarktes zunehmend an Bedeutung. Infolge der steigenden Anforderungen an unternehmerische Leistung und Kosten werden in der Intralogistik immer mehr Prozesse automatisiert. Im Zuge des digitalen Wandels werden heutzutage verstärkt neue Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt. Dennoch bleibt die Ressource Mensch für Arbeitsschritte, welche eine hohe Komplexität besitzen und flexibel gehandhabt werden müssen, unersetzlich. Damit der Mensch in Zukunft weiterhin als spezifischer Wissensträger fungieren kann, müssen neue Varianten der Mitarbeiterqualifizierung gefunden werden. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, ein VR-basiertes Serious Game eines Verpackungsarbeitsplatzes für den intralogistischen Bereich zu evaluieren.

## **2. Methoden**

### *2.1 Beschreibung der VR-Technologie*

Die eingesetzte technische Hardware der Studie umfasste das HTC-Vive® System und einen leistungsfähigen Desktop Computer. Zur Softwareprogrammierung des VR-gestützten Serious Games wurde Unity® in der Softwareversion 5.6.0f3 genutzt. Für die Erstellung und Bearbeitung der Skripte in C# für Unity® wurde die integrierte Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio Professional 2015 verwendet.

### *2.2 Studienablauf und -design*

Um die allgemeine Handhabung der eingesetzten Technologien zu trainieren, wurde zunächst das Steam® HTC-Vive® Tutorial dargeboten. Darauf folgend spielten die Teilnehmer/-innen das VR-gestützte Serious Game eines Verpackungsarbeitsplatzes in der Intralogistik. Für die Studie wurde ein Verpackungsprozess ausgewählt, sodass eine hinreichende Komplexität der Arbeitsschritte gewährleistet werden konnte. Die logistischen Tätigkeiten wurden realitätsnah simuliert und hielten darüber hinaus Möglichkeiten zur Aufgabenbearbeitung und Identifikation für die/den Spielenden bereit. Der stationäre Verpackungsarbeitsplatz (Ware-zur-Person) bot den Vorteil, die durch die Umgebung der Virtuellen Realität hervorgerufene Immersion aufrechtzuerhalten bzw. zu verstärken.

Die einzelnen Prozessschritte des Packvorgangs wurden realitätsgetreu nachgebildet und setzten sich wie folgt zusammen:

- Nächsten Auftrag anfordern
- Vorgegebene Kartongröße auswählen und auf den Paktisch stellen
- Karton aufklappen
- Scanner aufnehmen und die zu verpackenden Artikel, die mit dem Fahrerlosen Transportsystem (FTS) angeliefert werden, scannen

- Artikel in den Karton legen
- Vorgegebenen Packstoff auswählen und in den Karton legen
- Karton schließen
- Paket mit Paketbandabroller verkleben
- Paket auf die Zielpalette neben dem Arbeitstisch stellen

In der Trainingsumgebung wurden die auszuübenden Arbeitsschritte per Audioanweisung über ein Headset vorgegeben. Als Spielelemente wurden visuelle Hilfen im Spiel, eine mitlaufende Spielzeit mit anschließend eingeblendeter Bestenliste, Audiofeedback im Scanvorgang und ein finales verbales Feedback zur Gesamtleistung verwendet.

### 2.3 Befragung

Im Anschluss an das virtuelle Verpackungstraining füllten die Probanden validierte Fragebögen aus. Die Benutzerfreundlichkeit der VR-Umgebung wurde mit einem Usability-Test (System Usability Scale, SUS; Brooke 1996) und das Nutzererleben mit einem User Experience Fragebogen (User Experience Questionnaire, UEQ; Laugwitz et al. 2008) gemessen. Die subjektiv erlebte Beanspruchung (Workload) während des VR-Games wurde mit dem NASA-Task Load Index (TLX; Staveland & Hart 1988) erhoben. Die während des Trainings entstandene intrinsische, tätigkeitsbezogene Motivation wurde mit der Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM; Wilde et al. 2009) erfasst. Zur Messung der momentanen Affektlage kam die Positive And Negative Affect Schedule (PANAS; Krohne et al. 1996) zum Einsatz. Visuelle und muskuloskelettale Beanspruchungen (Jaschinski et al. 2015), soziodemografische Daten sowie die persönliche Biografie, Einstellung (Claßen 2012) und Bereitschaft (Neyer et al. 2016) in Bezug auf neue Technologien wurden ebenfalls erfragt.

## 3. Ergebnisse

Die Stichprobe umfasste 30 Probanden (50 % männlich) im Alter von 19 bis 29 Jahren ( $M = 25,47$ ;  $SD = 2,24$ ), die sich aus Mitarbeiter/-innen des Fraunhofer IML und Studierenden der TU Dortmund zusammensetzten. Die Teilnehmer/-innen unterschieden sich in ihrer logistischen Erfahrung (13,3 % keine; 30,0 % theoretische; 56,7 % theoretische und praktische Logistikerfahrungen). Die Affektlage während des VR-Trainings war überwiegend positiv (PA:  $M = 3,60$ ,  $SD = 0,75$ ; NA:  $M = 1,35$ ,  $SD = 0,30$ ). Die durch die VR-Technologie berichtete okuläre ( $M = 2,26$ ,  $SD = 1,21$ ) sowie muskuloskelettale Beanspruchung ( $M = 1,31$ ,  $SD = 0,32$ ) war als gering einzustufen.

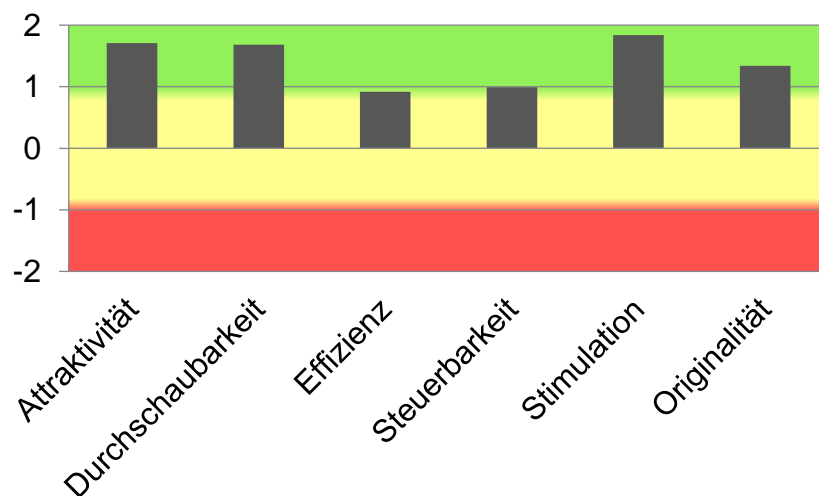
### 3.1 Usability und User Experience

Die Probanden bewerteten die Usability des VR-basierten Serious Games im Durchschnitt als „gut“ (Vgl. Tab. 1). Die subjektiven Einschätzungen der Benutzerfreundlichkeit variierten von „schlecht“ (SUS Score  $Min = 37,5$ ) bis „exzellent“ (SUS Score  $Max = 85,0$ ) (Bangor et al. 2009).

**Tabelle 1:** Deskriptive Statistiken der Usability und User Experience Variablen.

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<b>Usability</b>				
SUS Score	71,81	9,18	37,50	85,00
<b>User Experience</b>				
Attraktivität	1,71	1,15	-2,00	3,00
Stimulation	1,84	0,93	-0,50	3,00
Originalität	1,34	0,66	-0,25	2,75
Effizienz	0,92	0,87	-1,25	2,75
Durchschaubarkeit	1,68	0,58	-0,50	2,50
Verlässlichkeit	0,99	0,69	-0,75	2,25

Die User Experience-Skalen des UEQ können in Attraktivität, pragmatische Qualität (Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit) und hedonische Qualität (Stimulation, Originalität) eingruppiert werden (Vgl. Tab. 1; Abb. 1). Pragmatische Qualität beschreibt aufgabenbezogene Aspekte und somit die Benutzungsqualität, hedonische Qualität umfasst die Designqualität, die nicht aufgabenbezogen ist. Sowohl die Attraktivität ( $M = 1,71$ ), pragmatische Qualität ( $M = 1,20$ ) und hedonische Qualität ( $M = 1,59$ ) des VR-Games wurden im Durchschnitt als positiv bewertet (Vgl. Tab. 1, Abb. 1).



**Abbildung 1:** Nutzungserleben entsprechend der Skalen des User Experience Questionnaires.

### 3.2 Mentaler Workload

Der globale mentale Workload (Raw TLX  $M = 30,06$ ) während des VR-Trainings wurde im Durchschnitt als moderat eingeschätzt (Grier 2015). Die subjektive Beanspruchung hinsichtlich der verschiedenen Skalen des NASA TLX fiel gering bis moderat aus (Geistige Anforderungen:  $M = 31,50$ ; Körperliche Anforderungen:  $M = 13,17$ ; Zeitliche Anforderungen:  $M = 35,17$ ; Leistung:  $M = 36,67$ ; Anstrengung:  $M = 35,00$ ; Frustration:  $M = 28,83$ ).

### 3.3 *Intrinsische Motivation*

Interesse bzw. Vergnügen ( $M = 3,41$ ,  $SD = 0,81$ ), wahrgenommene Kompetenz ( $M = 2,71$ ,  $SD = 2,19$ ) und Wahlfreiheit ( $M = 1,94$ ,  $SD = 0,85$ ) als positive Prädiktoren intrinsischer Motivation zeichneten sich durch geringe bis moderate Mittelwerte aus. Druck bzw. Anspannung als negativer Indikator von Handlungen um ihrer selbst willen war eher gering ausgeprägt ( $M = 1,12$ ,  $SD = 0,79$ ).

### 3.4 *Korrelative Zusammenhänge*

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich bei zunehmender wahrgenommener Usability des VR-Games der mentale Workload verringerte ( $r = .39$ ,  $p < .05$ ). Zwischen der User Experience und der subjektiven Gesamtbeanspruchung lagen keine signifikanten Zusammenhänge vor. Daneben wird erkennbar, dass eine positive Beziehung zwischen der Usability und der User Experience bestand (Attraktivität:  $r = .67$ ,  $p < .01$ ; Durchschaubarkeit:  $r = .64$ ,  $p < .01$ ; Effizienz:  $r = .43$ ,  $p < .05$ ; Stimulation:  $r = .50$ ,  $p < .01$ ; Originalität:  $r = .55$ ;  $p < .01$ ). Je benutzerfreundlicher das virtuelle Training bewertet wurde, desto positiver fiel auch die Affektlage der Probanden während der Interaktion aus ( $r = .55$ ,  $p < .01$ ).

Hinsichtlich der persönlichen Biografie, Einstellung und Bereitschaft in Bezug auf neue Technologien wird ersichtlich, dass die Usability des VR-Trainings mit zunehmendem Grad an Innovationsorientierung ( $r = .38$ ,  $p < .05$ ), wahrgenommener Notwendigkeit des Technikeinsatzes ( $r = .49$ ,  $p < .01$ ) anstieg und mit zunehmend wahrgenommener Bedrohung durch Technik ( $r = -.63$ ,  $p < .01$ ) abnahm. Zwischen dem mentalen Workload und der Technikakzeptanz ( $r = -.41$ ,  $p < .05$ ) sowie der wahrgenommenen Notwendigkeit des Technikeinsatzes ( $r = -.44$ ,  $p < .05$ ) war eine negative Beziehung auszumachen. Daneben finden sich Hinweise darauf, dass sich beim Anstieg der wahrgenommenen Bedrohung durch Technik die subjektive Gesamtbeanspruchung vergrößerte ( $r = .41$ ,  $p < .05$ ).

Hinsichtlich intrinsischer Motivation war eine positive Beziehung zwischen der Usability und Interesse ( $r = .42$ ,  $p < .05$ ) sowie Wahlfreiheit ( $r = .37$ ,  $p < .05$ ) festzustellen. Ebenso die User Experience-Skalen korrelierten positiv mit Interesse (Attraktivität:  $r = .78$ ,  $p < .01$ ; Effizienz:  $r = .61$ ,  $p < .01$ ; Stimulation:  $r = .78$ ,  $p < .01$ ; Originalität:  $r = .70$ ,  $p < .01$ ) und Wahlfreiheit (Attraktivität:  $r = .43$ ,  $p < .05$ ; Effizienz:  $r = .51$ ,  $p < .01$ ; Stimulation:  $r = .39$ ,  $p < .05$ ; Originalität:  $r = .45$ ,  $p < .05$ ).

Sowohl die okulare als auch muskuloskelettale Beanspruchung während des VR-Trainings standen in keinem signifikanten Zusammenhang mit mentalem Workload und Usability.

## 4. **Fazit und Ausblick**

Zusammenfassend zeichnet sich das VR-gestützte Serious Game eines Verpackungsarbeitsplatzes durch eine gute Benutzerfreundlichkeit, ein positiv bewertetes Nutzererleben und eine moderate Beanspruchung aus. Die korrelativen Zusammenhänge geben Hinweise darauf, dass sowohl die Usability als auch User Experience mit der intrinsischen Motivation des zu Trainierenden assoziiert sind. Zudem scheint eine benutzerfreundliche Dialoggestaltung des VR-Games mit der mentalen Beanspruchung der/des Spielenden zusammenzuhängen. Technikbezogene Persönlich-

keitsmerkmale können ebenfalls einen Einfluss auf die Mensch-Technik-Interaktion haben.

VR-gestützte Serious Games bieten eine moderne Alternative zu klassischen Schulungsmethoden in der Intralogistik, um Prozessverständnis, Qualitätsbewusstsein und weitere Lerninhalte zu vermitteln. Darüber hinaus können die Motivation und der Lernerfolg der/des Trainierenden erhöht werden. Es kann individuell auf den Lernenden eingegangen, implizites Wissen vermittelt, selten auftretende Arbeitssituationen simuliert, Schulungsergebnisse verglichen und die Sensomotorik des Lernenden gefördert werden. Die Zusammenführung von Serious Games mit virtuellen Welten stellt ein neues Forschungsfeld dar, welches zukünftig verstärkt in den Blick genommen werden sollte.

## 5. Literatur

- Arnab, S.; Lim, T.; Carvalho, M. B.; Bellotti, F.; de Freitas, S.; Louchart, S.; Suttie, N.; Berta, R.; de Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. *British Journal of Educational Technology* 46 (2):391-411.
- Bangor, A.; Miller, J.; Kortum, P. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*, 4 (3):114-123.
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Hrsg.), *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- Clark, D. B.; Tanner-Smith, E. E.; Killingsworth, S. S. (2016). Digital Games, Design, and Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Review of educational research*, 86 (1):79-122.
- Claßen, K. (2012). *Zur Psychologie von Technikakzeptanz im höheren Lebensalter: Die Rolle von Technikgenerationen*. Dissertation.
- Grier, R. A. (2015). How high is high? A Meta-Analysis of NASA-TLX global workload scores. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 59th Annual Meeting*, 1727-1731.
- Guo, H.; Yu, Y.; Skitmore, M. (2017). Visualization technology-based construction safety management: A review. *Automation in Construction*, 73:135-144.
- Jaschinski, W.; König, M.; Mekontso, T. M.; Ohlendorf, A.; Welscher, M. (2015). Computer vision syndrome in presbyopia and beginning presbyopia: effects of spectacle lens type. *Clinical and Experimental Optometry* 98 (3): 228-233.
- Krohne, H. W.; Egloff, B.; Kohlmann, C.-W.; Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen Version der «Positive and Negative Affect Schedule» (PANAS). *Diagnostica*, 42:139-156.
- Laugwitz, B.; Held, T.; Schrepp, M. (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire. In A. Holzinger (Hrsg.), *HCI and Usability for Education and Work: 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society, USAB 2008, Graz, Austria, November 20-21, 2008*. Proceedings (S. 63-76). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Miles, H. C.; Pop, S. R.; Watt, S. J.; Lawrence, G. P.; John, N. W. (2012). A review of virtual environments for training in ball sports. *Computers & Graphics*, 36 (6):714-726.
- Neyer, F. J. J.; Felber, J.; Gebhardt, C. (2016). Kurzsкала Technikbereitschaft (TB, technology commitment) (ZIS - Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen, Hrsg.).
- Staveland, L. E.; Hart, S. G. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in Psychology* (52):139-183.
- Wilde, M.; Bätz, K.; Kovaleva, A.; Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Testing a short scale of intrinsic motivation*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15:31-45.

**Danksagung:** Diese Studie wurde im Rahmen der Forschungsprojekte »Leistungszentrum Logistik und IT« sowie »Innovationslabor Hybride Dienstleistungen in der Logistik« durchgeführt. Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Vanessa Vogel und Frau Alexandra Eichler für die Unterstützung bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Studie.



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](mailto:thomas.heupel@fom.de)

**Screen design und Umsetzung**

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

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