

Risikobeurteilung mit Hilfe virtueller Realität: Ein Vergleich von schematischen und realitätsnahen virtuellen Modellen

Tina HORLITZ¹, Patrick PUSCHMANN², Johannes, LEDER¹, Volker WITTSTOCK²,
Astrid SCHÜTZ¹

¹ *Institut für Psychologie, Otto-Friedrich-Universität Bamberg
Markusplatz 3, D-96047 Bamberg*

² *Institut für Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse, TU Chemnitz
Reichenhainer Straße 70, D-09120 Chemnitz*

Kurzfassung: Im Zuge einer industriellen Entwicklung hin zu Industrie 4.0 erfahren der Einsatz von digitalen Assistenzsystemen und die Unterstützung von Arbeitsprozessen durch Augmented Reality und Virtual Reality intensive Verbreitung. Der Einsatz von virtuellen Modellen für die Risikobeurteilung ist Thema des Beitrags. Berichtet wird die vergleichende Untersuchung eines schematischen und eines realitätsnahen Maschinenmodells. Die Ergebnisse zeigen, dass einfache Modelle ausreichen, dass aber Berufserfahrung und Involviertheit Effekte auf die Zahl erkannter Gefährdungen hat.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Risikobeurteilung, Gefährdungsquellen, Präsenzepfinden, Involviertheit, Expertise, Berufserfahrung

1. Ziele

Während der Produktentwicklung von Werkzeugmaschinen ist es für die Erstellung systematischer Risikobeurteilungen (RB) wichtig, mögliche Gefährdungen vollständig zu erfassen und Risiken präzise einzuschätzen. Um dies zu unterstützen, werden üblicherweise Maschinendokumente und CAD-Daten verwendet. Seit mittlerweile mehr als einer Dekade verspricht nun der Einsatz neuerer Technologien wie Augmented Reality und Virtual Reality ein noch höheres Maß an Anschaulichkeit (Mujber, Szecsi & Hashmi 2004, Neugebauer & Pürzel 2012) und die Möglichkeit, Maschinen-Modelle auch in tatsächlicher Größe und dreidimensionaler Aufbereitung zur RB einzusetzen (Lange et al 2009, Nickel et al. 2015, Perlman et al. 2013).

Die Erstellung detaillierter über die CAD-Modellierung hinausgehender digitaler VR-Modelle, insbesondere im schnelllebigen Sondermaschinenbau, ist jedoch sehr zeit- und damit kostenintensiv (Eigner & Stelzer 2009). Eine kosteneffiziente Nutzung von VR zur RB wäre aber dann möglich, wenn schematische, effizient zu erstellende, Modelle, ähnliche Ergebnisse liefern wie realistisch und detailliert ausmodellerte.

In der vorliegenden Studie werden die Identifizierung von Gefährdungen und die Einschätzung von Risiken – als Teilbereiche der RB – mit schematischen und realistischen Modellen verglichen, um festzustellen, ob der Detaillierungsgrad des Modells die RB signifikant beeinflusst. Im Fokus steht das subjektive Erleben der Beurteiler und die Frage, wie sich die Art der Modellierung des VR Modells auf die Wahrnehmung unterschiedlicher Gefährdungsquellen auswirkt.

2. Theoretischer Hintergrund

Der subjektive Eindruck, in der virtuellen Realität anwesend zu sein, sich physisch gegenwärtig in der künstlichen virtuellen Umgebung zu erleben, wird als Präsenzepfinden bezeichnet (Slater & Wilbur, 1997). Es lässt sich nach Schubert (2003) in drei messbare Facetten unterscheiden: räumliche Präsenz, Involviertheit und Realitätsurteil. Dabei bezieht sich räumliche Präsenz auf das Gefühl, von der VR umgeben zu sein und direkt in ihr agieren zu können. Involviertheit beschreibt den Eindruck, wie gut es möglich ist, der realen Welt Aufmerksamkeit zu entziehen und sich auf den Inhalt der virtuellen Realität zu konzentrieren. Realitätsurteil schließlich bezieht sich darauf, wie realitätsnah die VR wahrgenommen wird. In der Regel werden Vollständigkeit und Realitätsnähe der Virtualisierung als Voraussetzungen für Präsenzepfinden gesehen (Ellis 1996). Daher kann angenommen werden, dass Präsenzepfinden bei gleichem Interaktionskonzept und gleicher sensorischer Reichhaltigkeit im Rahmen einer detaillierteren und realistisch dargestellten VR höher ist als bei einer schematisierten und vereinfachten VR.

Die Befunde zum Zusammenhang zwischen Präsenzepfinden und Aufgabenbearbeitung sind allerdings heterogen (Welch 1999). Es ist anzunehmen, dass die unterschiedliche Befundlage auf die bislang untersuchten unterschiedlichen Aufgabentypen zurückzuführen ist. Mania & Chalmers (2000) finden in einer Studie zur Gestaltung von Lernumwelten, in der zwischen der realen Welt, einer VR-Bedingung und einer rein auditiven Bedingung unterschieden wird, keinen Einfluss von Präsenzepfinden auf Lernleistungen. Kim & Biocca (1997) hingegen beobachten bereits während einer Televisionspräsentation (dem einzigen mit VR vergleichbaren Medium, an welchem ebenfalls Präsenzepfinden untersucht wird, welches jedoch mangels 3D-Darstellung generell niedriger ausfällt als bei VR) Zusammenhänge zwischen Präsenzepfinden und Gedächtnis- bzw. Wiedererkennungslleistung. Ellis (1996) wiederum findet im Kontext des Flugverkehrs, dass moderates Präsenzepfinden leistungssteigernd wirkt. Vor allem jene geometrischen Informationen, die auf Displays des Flugverkehrs eine Bedeutung haben (Grundformen, Abstände, Längen oder Winkelgrößen) finden auch in Bezug auf Bauteile oder Baugruppen bei der Konstruktion und Entwicklung von Werkzeugmaschinen Berücksichtigung. Aufgrund der Befunde nehmen wir an, dass in realitätsnahen aber nicht zu komplexen Darstellungen mehr konstruktionsbezogene Gefährdungen erkannt und Risiken angemessener beurteilt werden.

Darüber hinaus kommt in den Teilprozessen der RB der Berufserfahrung und Expertise des Beurteilers hohe Bedeutung zu. Befunde zeigen, dass Experten über abstraktere Vorstellungen des Problems verfügen (Adelson 1994) und mit Hilfe ihres Fachwissens höhere Aufgabenleistung als weniger erfahrene Personen erreichen (Zimmer et al. 2015). Insofern erwarten auch wir, dass die Leistungen bei der RB mit Berufserfahrung verbunden sind.

3. Methoden

3.1 Teilnehmer und Design

Für die Studie wurden bundesweit 27 auf RB spezialisierte Konstrukteure und Ingenieure (davon eine Frau) rekrutiert. Im Durchschnitt waren die Probanden 45

Jahre alt (SD = 14 Jahre) und hatten im Bereich Arbeitssicherheit und Risikobeurteilung Berufserfahrung zwischen einem Jahr und 55 Jahren (SD = 15 Jahre). Mit dem Einsatz einer CAVE hatte keiner der Probanden Erfahrung. Auch gab niemand an, im Hinblick auf Tiefen- oder räumlichen Wahrnehmung beeinträchtigt zu sein.

Die Probanden wurden zuerst mittels Los einer der beiden Bedingungen, a) schematisches VR-Maschinen-Modell oder b) realistisches VR-Maschinen-Modell zugeteilt und durchliefen die Untersuchung jeweils im Einzelsetting unter konstant gehaltenen Bedingungen (siehe Abbildung 2).

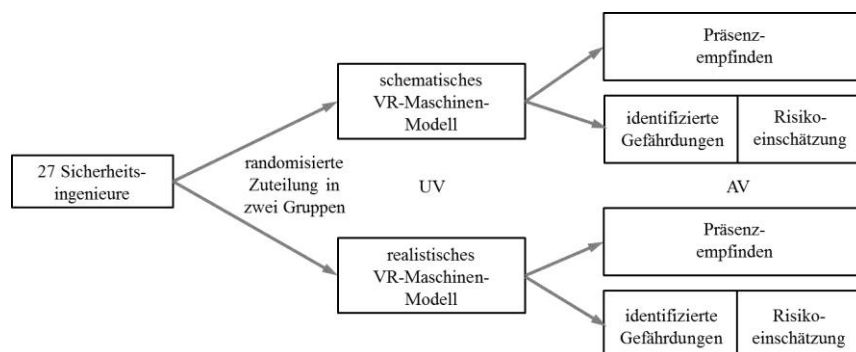


Abbildung 2 Schematische Darstellung des verwendeten einfaktoriellem Between-Subjects-Design

3.2 Material und Prozedur

Zum Einsatz kamen zwei Varianten eines VR-Maschinen-Modells einer manuell zu betätigende Säulenbohrmaschine, die durch ihren offenen Arbeitsplatz hohes Gefährdungspotenzial und zahlreiche Gefährdungsquellen enthält. Die Varianten unterschieden sich darin, wie schematisch beziehungsweise realitätsnah die Darstellung gestaltet war: Das schematische Modell hatte, ähnlich einem typischen CAD-Modell, einfache Farben und keine Details wie Fasen, Schrauben oder Oberflächentexturen. Für das realistische Modell wurden realistische Farben, Oberflächentexturen und Lichteffekte genutzt (Abb. 3). Beide Modelle waren mit gleichen Animationen, wie zum Beispiel einem rotierenden Bohrer, versehen. In beiden Varianten waren auf Präsentationstafeln dargestellte inhaltliche Informationen hinsichtlich des Maschinentyps und möglicher Entscheidungskriterien für die Risikoeinschätzung als Gedächtnisstütze enthalten. Die verwendeten Angaben und Leitlinien entstammten den Normen und Richtlinien der ISO/TR 14121 (2012) und EN 12717 (2009),

Zu den zuerst erhobenen demografischen Daten zählten Beruf, Berufserfahrung, Alter, Erfahrung mit VR-Technologien sowie Einschränkungen in visuellen Fähigkeiten und Nutzung von Sehhilfen. Zur Erfassung des subjektiven Präsenzepfindens wurde der IPQ (Schubert et al. 2001) eingesetzt. Dabei wurden auf drei Subskalen (räumliche Präsenz, Involviertheit und wahrgenommene Realitätsnähe) insgesamt 14 Items auf einer siebenstufigen Skala – im Hinblick auf Zustimmung, Zutreffen oder Ausprägung des inhaltlich beschriebenen Phänomens – eingeschätzt.

Zunächst wurde den Probanden in einer CAVE (fünfseitiger Projektionsraum) das jeweilige VR-Maschinenmodell präsentiert und es erfolgte eine kurze Phase der Orientierung in der virtuellen Umwelt, der Navigation mittels Flystick und der Menüführung. Daraufhin wurden die Probanden gebeten, innerhalb von 10 Minuten

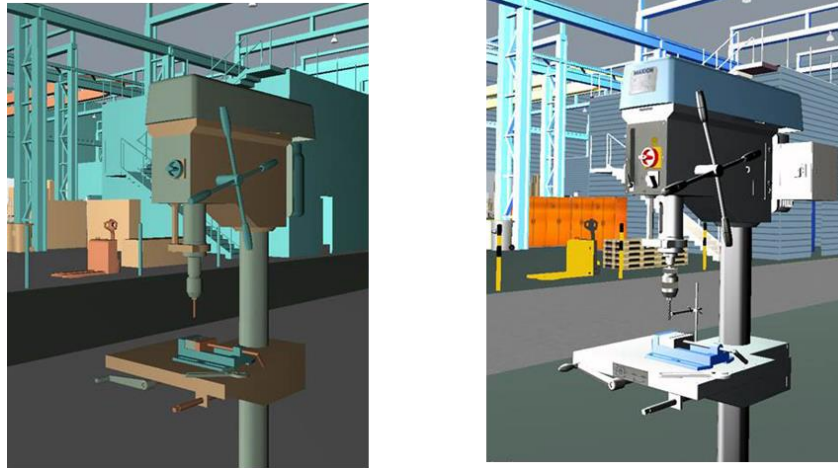


Abbildung 3: VR-Modelle der Säulenbohrmaschine als schematisches Modell (links) in Anlehnung an typische CAD-Modelle und als realistisches Modell (rechts)

alle von ihnen erkannten Gefährdungen zu nennen. Diese Nennungen wurden protokolliert. Anschließend wurden folgende vordefinierte Gefährdungsquellen hinsichtlich ihres Risikos eingeschätzt: Verletzungsgefahr am rotierenden Bohrkopf, unzureichende Befestigung des Werkstücks am Werkstisch, Verletzungen durch scharfe Kanten, Standfestigkeit der Maschine am Boden, Werkzeug und Messmittel im Arbeitsbereich und unzureichende Beleuchtung. Eingeschätzt wurden diese Gefährdungsquellen auf den vier Dimensionen, die in der Berufspraxis der Probanden üblich sind: Ausmaß des entstehenden Schadens, der Häufigkeit bzw. Dauer der Exposition, dem jemand dem Risiko ausgesetzt ist, der Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens sowie Möglichkeiten der Vermeidung des Schadenseintritts. Nach Verlassen der CAVE wurden sowohl demografische Daten als auch das subjektive Präsenzepfinden erhoben.

4. Ergebnisse

In Bezug auf die Anzahl identifizierter Gefährdungen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die Art der Modellierung ist für das Erkennen von Gefahren also nicht prinzipiell bedeutsam. Ebenso wenig zeigten sich signifikante Mittelwertunterschiede hinsichtlich der Einschätzungen von Schadensausmaß, Häufigkeit und Dauer der Exposition, Eintrittswahrscheinlichkeit und Minderungsmöglichkeiten zwischen schematischer und realitätsnaher VR-Darstellung. Die beiden experimentellen Bedingungen unterschieden sich weiter nicht signifikant von der Referenzeinschätzung. Eine VR-gestützte RB kann also als gute Alternative zu klassischen Verfahren gesehen werden.

Es zeigten sich Hinweise auf die Bedeutung des Präsenzepfindens. Es wurde in beiden Bedingungen als moderat beurteilt. Involviertheit, die aufmerksamkeitsbezogenen Facette des Präsenzepfindens, stand in Zusammenhang mit der Zahl identifizierter Gefährdungen. Über beide Gruppen hinweg erkannten diejenigen Personen besonders viele Gefährdungen, die hoch involviert waren ($r = .34$, $p < 0,05$). Relevant für das Erkennen von Gefährdung war auch Berufserfahrung ($r = .55$, $p < 0,05$). Probanden mit hoher Berufserfahrung identifizierten deutlich mehr Gefährdungen als ihre Kollegen.

5. Schlussfolgerungen und Diskussion

Zur Unterstützung von RB-Prozessen erwiesen sich sowohl ein schematisches als auch ein realitätsnahes VR-Maschinen-Modell als gut verwendbar. Beide Methoden führten zu Ergebnissen, die dem traditionellen Vorgehen vergleichbar sind. Im Sinne der Ökonomie ist ferner darauf hinzuweisen, dass das detaillierte Modell dem schematischen im Hinblick auf die Möglichkeiten der Risikobeurteilung nicht überlegen und damit das schematische Modell aus Gründen der Praktikabilität zu bevorzugen ist.

Neben Merkmalen des Modells spielen Personfaktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle, d.h. einzelne Ingenieure unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer Leistung. Relevant sind dabei Berufserfahrung und Involviertheit. Berufserfahrenere Personen zeigten sich erfolgreicher im Erkennen von Gefährdungen als andere Probanden. Involviertheit als eine im besonderen Maß personenabhängige Facette von Präsenzepfinden kommt schließlich große Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung der RB zu. Je größer die Bereitschaft und Fähigkeit, Aufmerksamkeit auf das VR-Modell zu fokussieren, desto höher ist die Leistung bei der Identifizierung von Gefährdungen.

Weiß man, dass Involviertheit wichtig für die RB ist, stellt sich insofern die Frage, wie diese maximiert werden kann. Gefördert werden kann dieses Eintauchen nach Schubert (2001) unter anderem durch VR-Modelle, die durch flüssige und physikalisch möglichst kohärente Darstellung die Wahrscheinlichkeit von „motion sickness“ reduzieren. Des Weiteren können Teilnehmer ermutigt werden, potentiell ablenkende berufliche oder auch private Fragestellungen und Probleme zurückzustellen, und so Ablenkungen zu reduzieren. Darüber hinaus können soziale Interaktionen mit Personen außerhalb der virtuellen Umgebung minimiert werden, um die Aufmerksamkeit dauerhaft an die VR-Darstellung zu binden. Schließlich ist auch beim VR-Einsatz darauf zu achten, dass Pausen in individuell sinnvoller Frequenz und Länge eingehalten werden und eine Gesamtdauer von ca. 45 Minuten nicht überschritten wird (vgl. Dörner et al. 2013), um die Involvierung nicht überzustrapazieren.

6. Literatur

- Adelson B (1984). When novices surpass experts: The difficulty of a task may increase with expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10 (3), 483-495.
- Alsina-Jurnet I, Gutierrez-Maldonado J (2010). Influence of personality and individual abilities on the sense of presence experienced in anxiety triggering virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68 (10):788-801.
- Eigner M & Stelzer R (2009). *Product Lifecycle Management. Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. Berlin: Springer Verlag.
- EN 12717+A1 (2009). *Safety of machine tools - Drilling machines*. Brussels: CEN.
- Ellis SR (1996). *Presence of Mind: A reaction to Thomas Sheridan's "Further Musing on the Psychophysics of Presence"*, *Presence*, 5 (2), 247-259.
- Dörner R, Broll W, Grimm, P & Jung B (2013). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin: Springer Vieweg.
- Gorecky D, Schmitt M, Loskyll, M (2014) Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. In: Bauernhansl T, ten Hompel M, Vogel-Heuser B. (Hrsg.). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 493-508.
- IJsselsteijn WA, Riva G (2003). Being There: The experience of presence in mediated environments. In: G Riva, F Davide, WA IJsselsteijn, (Eds.), *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*, 3-16, Amsterdam: IOS Press.

- ISO/TR 14121 (2012). *Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction*. Geneva: ISO.
- Kim, T & Biocca, F (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different Connections to Memory and Persuasion, *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2).
- Kober SE (2014). Effects of age on the subjective presence experience in Virtual Reality. Proceedings of the International Society for Presence Research, 149-157.
- Lange A, Szymanski H, Schulz T, Kroys A, Faber T, Jenewein K (2009). Interaktive Module zur Umsetzung der MaschRL in der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen - IMMMA. In: Institut f. Technik d. Betriebsführung (Hrsg.). Innovation und Prävention, Beiträge der Fokusgruppe Betriebliches Innovationsmanagement, 27-67, Karlsruhe: Rainer Hampp Verlag.
- Mania K & Chalmers, A (2000). *A User-Centered Methodology for Investigating Presence and Task Performance*, paper presented at the Presence 2000 workshop.
- Moreno R & Mayer RE (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of Educational Psychology*, 94 (3):598-610.
- Mujber TS, Szececi, T Hashmi MSJ (2004) Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology* 155-156:1834-1838.
- Nickel P, Kergel R, Wachholz T, Pröger E, Lungfiel A (2015). Setting-up a Virtual Simulation for Improving OSH in Standardisation of River Locks. In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.): 8th International Conference Safety of Industrial Automated Systems SIAS, 223-228, Königswinter 2015.
- Neugebauer R & Pürzel F (2010). Risikobeurteilung mittels Virtual Reality – Chancen und Risiken. Beitrag zum Trend und Medianforum der Messe Arbeitsschutz Aktuell 2010. Leipzig. 19.-21. Oktober 2010
- Perlman, A, Sacks, R, Barak R. (2013). Hazard recognition and risk perception in construction. *Safety Science*, 64, 22-31.
- Sacau A, Laarni J, Hartmann T. (2008). Influence of individual factors on presence. *Computers in Human Behavior*, 24 (5):2255-2273.
- Schubert T, Friedmann F, Regenbrecht H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10:266–281.
- Stanney K, Kingdon KS, Graeber D, Kennedy RS (2002). Human Performance in immersive virtual environments: Effect of exposure duration, user control, and scene complexity. *Human Performance*, 15 (4):339-366.
- Welch RB. (1999). How can we determine if the sense of presence affects task performance? *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8 (5):574-577.
- Zimmer JC, Tams S, Craig K, Thatcher J. & Pak R (2015). The role of user age in task performance: examining curvilinear and interaction effects of user age, expertise, and interface design on mistake making. *Journal of Business Economics*, 85 (4), 323-348.

Danksagung: Ein herzlicher Dank gilt den Ingenieuren, die sich als Probanden für die Studie zur Verfügung gestellt haben!



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de