

H.3 Virtuelles Training von Gefahrensituationen – am Beispiel der Entwicklung und Evaluation einer virtuellen Pannensimulation

*Markus Domin, Helge Nissen, Monique Janneck
Technische Hochschule Lübeck*

1 Einleitung und verwandte Arbeiten

Virtuelle Trainingsumgebungen kommen seit vielen Jahren in verschiedenen Bereichen zur Anwendung. Insbesondere bieten virtuelle Simulationen und Umgebungen zu Ausbildungs- oder Trainingszwecken dann einen Mehrwert, wenn in realen Umgebungen besondere Risiken bestehen, ein Fehlverhalten schwere Folgen hätte oder das Training in der realen Situation mit besonderem finanziellen, organisatorischen oder materiellen Aufwand verbunden ist. So kommen VR-Anwendungen beispielsweise in der medizinischen Ausbildung, insbesondere bei Chirurgen, zum Einsatz (Huber et al., 2018; Khor et al., 2016; Egger et al., 2017). Im industriellen Umfeld ist VR-Technologie ein geeignetes Mittel, um Wartungs- und Reparaturarbeiten zu trainieren. Oft ist es in der Realität nur schwer möglich, laufende Prozesse für Trainingszwecke anzuhalten oder zu verlangsamen (Blümel & Haase, 2010). Ohne die Befürchtung, durch Fehler hohe Kosten oder gar eigene körperliche Verletzungen hervorzuführen, können Lernende in virtuellen Umgebungen für ihren späteren Einsatz in der Realität trainieren (Bin, Jiajia, Yuansheng, & Xiaohua, 2011; Blümel & Haase, 2010). Auch handwerkliche Tätigkeiten können mittels VR erlernt werden, wie das Beispiel eines „Virtuellen Schweißgerätes“ zeigt (Göbel & Sonntag, 2017).

Trotz der zunehmenden Verbreitung von Virtual-Reality-Anwendungen (wenn auch v.a. im Spiele-Bereich) fällt auf, dass es bislang kaum etablierte Standards bzw. Designrichtlinien für die Gestaltung von VR-Anwendungen gibt (Nickel, Pröger, Kergel & Lungfiel, 2014). Eine Ausnahme bildet die Forschung zum Phänomen der Motion Sickness, die sich in Schwindel, Übelkeit oder Kopfschmerzen äußern kann und durch die Diskrepanz zwischen visueller und körperlicher Bewegungswahrnehmung verursacht wird (Dargar et al., 2015; Rebenitsch & Owen, 2017, surgeons must be trained in environments that mimic the actual clinical setting. Rasmussen's 2019s model of human behavior indicates that errors in surgical procedures may be skill-, rule-, or knowledge-based. While skill-based behavior and some rule-based behavior may be taught using box trainers and ex vivo or in vivo animal models, we posit that multimodal immersive virtual reality (iVR) Fernandes & Feiner, 2016; Lee, Koo, & Jhung, 2017). Auch hinsichtlich des Herstellens einer möglichst guten *Immersion*, d.h. das „Eintauchen“ in das Erlebnis, gibt es bislang keine allgemeinen Richtlinien.

Über die Auswirkungen der Nutzung von VR-Anwendungen auf kognitive Leistungsfähigkeit (z.B. Ermüdung, Konzentrationsfähigkeit) und emotionales Erleben liegen ebenfalls keine belastbare Ergebnisse vor, dies ist aber insbesondere für Lernanwendungen von großer Bedeutung.

In Deutschland kommt es jährlich zu durchschnittlich 4 Millionen Autopannen (ADAC, n.d.). Derartige Situationen sind für Betroffene stets Ausnahmesituationen. In der Fahrausbildung wird man zwar theoretisch darauf vorbereitet. Durch die mangelnde Routine erscheint es aber nicht verwunderlich, dass der korrekte Ablauf und ein möglichst sicheres Verhalten nicht umfänglich bekannt sind. Um eine solche Routine herzustellen, ist VR-Technologie ein vielversprechender Ansatz. Der vorliegende Beitrag hat zum Ziel, eine prototypische Anwendung zur VR-Simulation von Pannensituationen zu entwickeln und zu evaluieren. Weiterhin sollen Design-Aspekte identifiziert werden, die für VR-Anwendungen relevant sind.

2 Bedarfsanalyse

Zunächst wurde eine Bedarfsanalyse durchgeführt, um mögliche Anwendungsszenarien für eine VR-basierte Trainingsumgebung für den Straßenverkehr zu bestimmen. Hierfür wurden qualitative Interviews mit insgesamt sechs erfahrenen Polizeibeamten geführt (1 weiblich, 5 männlich, Alter zwischen 31 und 50 Jahren). Die Beamten wurden zum korrekten Verhalten von Autofahrern während einer Panne sowie zu ihren diesbezüglichen Erfahrungen befragt. Ergänzend wurden die Interviewpartner gebeten, prozentuale Einschätzungen zum (Fehl-) Verhalten von Autofahrern in Pannensituationen abzugeben. Zudem wurden die Einstellungen zu einer möglichen virtuellen Trainingsumgebung erhoben.

Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass Kenntnisse über das korrekte Verhalten während einer Pannensituation auf der Autobahn offenbar nur bedingt vorhanden sind. Insbesondere wird nach Einschätzung aller Polizeibeamten das Warndreieck in 80-90% der Fälle falsch positioniert oder das Aufstellen sogar ganz vergessen (durchschnittliche Angabe: 60% der Fälle). Auch das Anlegen der Warnweste unterbleibt nach Einschätzung der Beamten in vielen Fällen, wenngleich hier die Erfahrungen unterschiedlich ausfallen (Häufigkeit zwischen 10 und 80% der Fälle).

Als Gründe für die fast durchgängig falsche Positionierung des Warndreiecks wird nahezu einheitlich genannt, dass die Betroffenen einer Stresssituation ausgesetzt seien. Kombiniert mit einer Überforderung und einer Unterschätzung der Gefahrensituation sei dies der Hauptgrund, berichteten fünf der befragten Beamten. Als weiteren Grund gab ein Befragter an, dass Autofahrer teilweise auch zu faul wären, womit sicherlich

auch eine falsche Gefahreinschätzung einhergehe. Ein weiterer genannter Aspekt ist die Tatsache, dass in anderen Ländern teilweise andere Gesetze zur Positionierung des Warndreiecks herrschen.

Die Frage nach einem allgemeinen Bedarf virtueller Trainings stieß bei vier der sechs Befragten auf ungeteilt positive Resonanz. Alle Befragten sahen ein virtuelles Training als sehr geeignet zum Einüben der korrekten Verhaltensweisen während einer Unfall- oder Pannensituation an. Auch eine Integration virtueller Trainings in die Fahrschulausbildung wurde von allen Befragten befürwortet.

3 Prototypische Entwicklung einer VR-Pannensimulation

Aus der Bedarfsanalyse ging zum einen hervor, dass eine virtuelle Trainingsumgebung für Pannen- oder Unfallsituationen ein großes Potential besitzt, zum anderen konnten konkrete Situationen identifiziert werden, die in einer solchen Umgebung simuliert werden sollten: Das Anlegen der Warnweste sowie das korrekte Aufstellen des Warndreiecks bei einer Panne auf der Autobahn.

Als Entwicklungsumgebung wurde die Spiele-Engine Unity gewählt. Als Hardware stand die VR-Brille HTC Vive zur Verfügung.

Die Anwendung ist so aufgebaut, dass Nutzenden schrittweise mit der Technologie vertraut gemacht werden und erst zuletzt in die tatsächliche Unfallsituation hineinversetzt werden. Dafür wurden drei Szenen implementiert. In der ersten Szene befindet sich die Testperson in einer Verkaufshalle, in welcher verschiedene Autos ausgestellt sind. Die Probanden sollen sich hier mit der Funktion des Teleportierens mit dem Controller vertraut machen. Um Motion Sickness zu vermeiden, wurde beim Teleportieren darauf geachtet, dass der Nutzer nicht abrupt an einen neuen Ort versetzt wird, sondern anhand einer leichten Bewegung. Um ein hohes Maß an Immersion zu erzeugen, wurden sehr realistische Modelle von Autos erzeugt und im Hintergrund Gesprächsgeräusche eingesetzt. Der Verkaufsraum an sich ist groß und hell gehalten, so dass sich der Nutzer nicht beengt fühlt. Die Testpersonen können sich im Raum frei bewegen, nur einige Bereiche sind gesperrt, damit die eigentliche Aufgabe nicht aus dem Fokus gerät.

In der zweiten Szene sitzt der Nutzer in einem der Autos, welches in einer bergigen Landschaft steht. Hier soll das Interagieren mit Objekten in der VR-Anwendung erlernt werden, in diesem Fall mit einem Kaffeebecher und der Autotür. Auch hier wurden wieder passende Sounds im Hintergrund verwendet, so dass der Nutzer sich besser in die Situation hineinversetzen kann. Wiederum wurde darauf geachtet, das Interior möglichst realistisch zu gestalten.

In der dritten Szene, der eigentlichen Trainingssituation, sitzt die Testperson wieder im Auto, dieses Mal auf dem Standstreifen einer Autobahn (s. Abbildung 1) und erhält über den Studienleiter die Mitteilung, dass eine Panne vorliegt und die Unfallstelle gesichert werden muss. Es handelt sich dabei um das gleiche Auto wie in Szene zwei. Ebenfalls sind hier wieder passende Hintergrundgeräusche zur Unterstützung des Immersionserlebens eingebaut worden. Als dreidimensionale Objekte wurden mehrere PKW und LKW in die Anwendung integriert (Abbildung 1), um eine realistische Verkehrslage zu erzeugen. Zur Abgrenzung des Grünstreifens wurde die Leitplanke integriert mit den entsprechenden Pfosten im Abstand von 50 Metern zueinander. Die Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten beschränken sich auf die Autotür, die Warnweste und das Warndreieck. Alle anderen Interaktionsmöglichkeiten, wie beispielsweise mit dem Interior des Autos, wurden außer Acht gelassen, da sie nicht zur Erfüllung der Aufgabe beitragen. Auch der Bereich, in dem die Nutzer teleportieren können, wurde beschränkt.



Abbildung 1: Testumgebung

4 Evaluation

Um die prototypische Trainingsumgebung zu evaluieren, wurde eine Usability-Untersuchung durchgeführt. Insbesondere sollte festgestellt werden, ob durch die Anwendung eine realitätsnahe Situation erzeugt werden kann, die eine überzeugende Nutzungserfahrung bietet.

Die Testpersonen durchliefen – wie im vorherigen Abschnitt beschrieben – die drei Szenen der Anwendung, wobei die ersten beiden (A1 und A2) dazu dienten, sich mit der VR-Brille sowie der Interaktion in der virtuellen Umgebung vertraut zu machen. In der dritten Szene (A3) erhielten sie dann die eigentliche Trainingsinstruktion, das

Sichern der Unfallstelle. Nähere Informationen zu den erforderlichen Handlungen und Schritten bekamen sie nicht. Der Test endete, wenn die Testpersonen selber überzeugt waren, alle nötigen Handlungen ausgeführt zu haben.

Im Anschluss wurden die Testpersonen mittels eines Interviews zu ihren Erfahrungen, Anmerkungen und Verbesserungsvorschlägen befragt. Weiterhin wurden sie gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen, der soziodemographische Daten sowie die User Experience der VR-Anwendung mittels des UEQ-Short (Schrepp, Hinderks, & Thomaschewski, 2017) erhob.



Abbildung 2: Probandin während des Test mit VR Brille

Auswertung

An der Studie nahmen insgesamt neun Personen im Alter von 27 bis 33 Jahren teil, davon waren vier weiblich und fünf männlich. Alle Teilnehmenden hatten bereits Erfahrungen mit VR-Anwendungen, sieben davon konkret mit der hier verwendeten HTC-Vive-Brille.

Die Aufgaben A1 und A2 dienen der allgemeinen Gewöhnung der Probanden an die VR-Anwendung. Im Mittelpunkt standen die Orientierung im Raum und das Teleportieren. Diese in VR-Anwendungen typische Art der Fortbewegung stellte acht von neun Teilnehmenden vor keine Probleme, in einem Fall war lediglich eine kurze Hilfestellung erforderlich. Gewisse Einschränkungen des Prototypen wurden in dieser Phase sichtbar, da beispielsweise das Öffnen der Autotüren oder das Bewegen des Lenkrades nicht vorgesehen waren oder die Geräuschkulisse nicht zum sichtbaren Menschaufkommen zu passen schien.

Aufgabe A3 stellt den Kern der Untersuchung dar. In dieser Szene haben sich acht der neun Probanden direkt nach der Aufgabenstellung die Warnweste angezogen. Vier Probanden wollten unmittelbar im Anschluss den Warnblinker einschalten, um direkt danach auszusteigen und das Warndreieck aus dem Kofferraum zu holen. Die vorbeifahrenden Fahrzeuge haben bei den Probanden den Eindruck von Gefahr vermittelt, was daran zu erkennen war, dass sich alle vorsichtig aus dem Auto bewegt haben und möglichst nah am Fahrzeug blieben, um Abstand zum übrigen Verkehr zu wahren. Jedoch bewegten sich lediglich drei der Probanden wie vorgeschrieben hinter der Leitplanke entlang, um die Position zum Abstellen des Warndreiecks zu erreichen. Ferner offenbarten sich Probleme beim regelkonformen Aufstellen des Warndreiecks: Keiner der Probanden stellte das Warndreieck im richtigen Abstand auf. Auf diesen Fehler angesprochen, berichteten zwar vier Probanden korrekterweise, dass das Warndreieck 100m von der Unfallstelle entfernt stehen müsse, im untersuchten Szenario stand es aber dennoch entweder zu weit weg oder zu nah am Pannenfahrzeug. Hier war deutlich eine Unsicherheit bei den Probanden zu erkennen, insbesondere da die Orientierung anhand der Leitpfosten in der VR-Anwendung von keinem der Teilnehmenden wahrgenommen wurde. Fünf der Probanden waren sich sehr unsicher, wie weit das Warndreieck vom Auto entfernt stehen muss, und merkten während des Tests immer wieder, dass sie Handlungen vergessen hatten (wie bspw. Aktivieren des Warnblinkers). Am Ende des Tests berichteten alle Probanden, dass sich die entsprechenden Handlungen mittels VR deutlich besser, realitätsnäher und einprägsamer üben ließen als durch Erläuterungen, Fragebögen etc. in der Fahrschule.

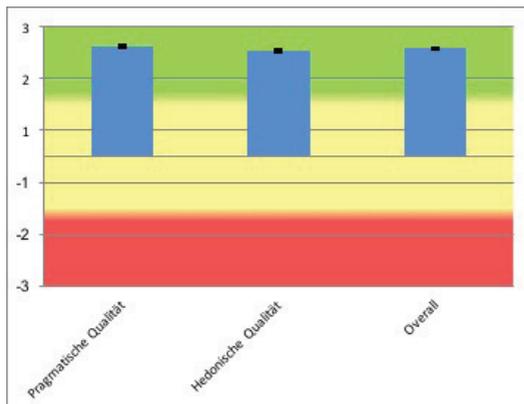


Abbildung 3: UEQ Short-Skalen

Die Auswertung des UEQ-S (Abbildung 3) zeigt insgesamt eine sehr gute User Experience der Anwendung. Dabei sind Pragmatische Qualität (d.h., die Gebrauchstauglichkeit) und Hedonische Qualität (d.h. Joy of Use und Attraktivität der Anwendung) gleichermaßen hoch ausgeprägt (Pragmatische Qualität: $M=2,1$, Hedonische Qualität: $M=2,0$). Auch die Gesamtbewertung fällt mit $M=2,1$ sehr positiv aus. Gemäß den UEQ-Benchmark-Werten liegt insgesamt ein weit überdurchschnittliches Ergebnis vor (vgl. Abbildung 4).

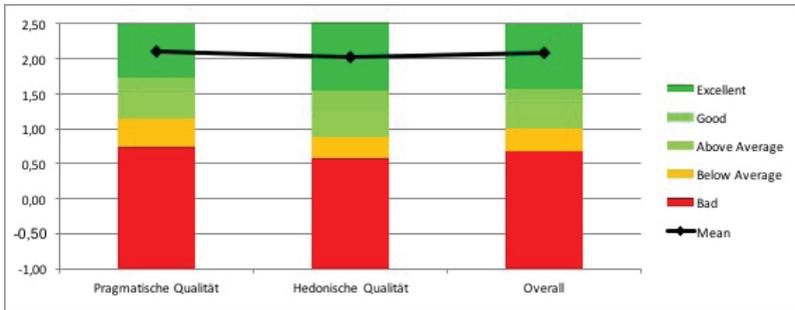


Abbildung 4: UEQ-S-Benchmark

Befragt nach Anmerkungen und Verbesserungsvorschlägen äußerten die Probanden, dass die Autofahrt selber sowie das Auftreten der Panne ebenfalls erlebbar sein sollten, um die Anwendung noch realitätsnäher zu gestalten. Zudem wurden weitere Interaktionsmöglichkeiten, z.B. mit dem Kofferraum, gewünscht. Weiterhin sollte – beispielsweise durch ein Warnsignal – verdeutlicht werden, wenn die Testperson Gefahr läuft, von einem fahrenden Auto auf der Autobahn angefahren zu werden, weil sie zu weit auf die Straße gelaufen ist.

Sieben von neun Probanden äußerten, es sei sehr sinnvoll, eine entsprechende Anwendung in die Fahrschul Ausbildung zu integrieren.

5 Diskussion und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde eine virtuelle Trainingsumgebung zur Pannensimulation entwickelt und evaluiert. Eine Anforderungsanalyse mit Polizeibeamten als Experten zeigte zunächst ein hohes Potential von Verkehrsübungsanwendungen, insbesondere für das Verhalten in Unfall- oder Pannensituationen und diente als Grundlage für die Umsetzung des Prototypen.

Die Evaluation der Anwendung bestätigte – wie in der Bedarfsanalyse aufgezeigt – dass häufig Fehler bei der Absicherung der Unfallstelle gemacht werden bzw. Fehleinschätzungen vorliegen (etwa bei der Abschätzung von Entfernungen).

Das Durchspielen der Situation kann dabei unterstützen, auf dieses Fehlverhalten aufmerksam zu machen und das korrekte Verhalten einzuüben, indem etwa die Szene gemeinsam mit einem Fahrlehrer durchgegangen und analysiert wird, was aufgrund der Gefahrensituation real nicht möglich ist.

Die VR-Simulation wurde von den Testpersonen dabei als sehr realitätsnah empfunden. Dies wird auch durch die Bewertung der User Experience mit dem UEQ-S bestätigt, welche durchgehend sehr gut und weit überdurchschnittlich ausfällt. Limitierend ist dabei anzumerken, dass nur jüngere Probanden an der Studie teilgenommen haben, welche schon mit VR-Anwendungen vertraut waren.

Aus den Erfahrungen und Anmerkungen der Probanden lassen sich einige allgemeine Designaspekte ableiten. So wurde die sehr detailreiche und realitätsnahe Ausgestaltung der Szenen sehr positiv empfunden, verleitete aber offenbar auch in besonderem Maße zum Ausprobieren. Ist dann ein bestimmtes Objektdetail bzw. eine Interaktionsmöglichkeit nicht umgesetzt, wird die Exploration der User eingeschränkt, was zu einer geringeren Immersion und auch zu einer geringeren UX-Bewertung führen kann. Soll der Explorationsdrang der Nutzer in einer VR-Anwendung besonders gefördert und unterstützt werden, sollte die Anwendung entsprechend so detailreich wie möglich umgesetzt werden und vielseitige Interaktionen ermöglichen. Bereiche, in denen dies aus technischen, inhaltlichen oder didaktischen Erwägungen nicht sinnvoll oder möglich ist, könnten andererseits bewusst weniger detailliert gestaltet werden, um die nicht vorhandenen Interaktionsmöglichkeiten zu signalisieren und Frustration der Nutzer zu verringern, wenn diese an Grenzen stoßen.

In zukünftigen Studien möchten wir einen überarbeiteten Prototyp weiteren Untersuchungen unterziehen. Ein nachzuweisender Aspekt wäre der tatsächliche Lernerfolg durch die Anwendung. Ferner könnten weitere gefahrenträchtige Verkehrsübungssituationen in der virtuellen Realität umgesetzt und evaluiert werden. Denkbar wären beispielsweise das Verhalten im Stau und das Bilden einer Rettungsgasse, das Leisten von erster Hilfe oder das Linksabbiegen von LKW im städtischen Raum.

6 Literaturverzeichnis

- ADAC. (n.d.). ADAC Pannenstatistik Archiv. abgerufen von https://www.adac.de/infotestrat/unfall-schaeden-und-panne/pannenstatistik/pannenstatistik_archiv.aspx?ComponentId=169221&SourcePageId=259736
- Bin, Z., Jiajia, L., Yuansheng, Q., Xiaohua, W. (2011). Virtual simulation of printing machine training system based on virtual reality. 2011 International Conference on Applied Informatics and Communication, ICAIC 2011, 225 CCIS(PART 2), 439–445. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23220-6_56
- Blümel, E., Haase, T. (2010). Virtual reality platforms for education and training in industry. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 5968 LNCS, 1–7. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12082-4_1
- Dargar, S., Kennedy, R., Lai, W., Arikatla, V., De, S. (2015). Towards immersive virtual reality (iVR): a route to surgical expertise. *Journal of Computational Surgery*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40244-015-0015-8>
- Egger, J., Gall, M., Wallner, J., Boechat, P., Hann, A., Li, X., ... Schmalstieg, D. (2017). HTC Vive MeVisLab integration via OpenVR for medical applications. *PloS one*, 12(3), e0173972. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173972>
- Fernandes, A. S., Feiner, S. K. (2016). Combating VR sickness through subtle dynamic field-of-view modification. In *Proceedings of 2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Greenville, SC, 2016, pp. 201–210. doi: 10.1109/3DUI.2016.7460053
- Göbel, G., Sonntag, R. (2017). Erfahrungen zur Nutzung von Mixed und Virtual Reality im Lehralltag an der HTW Dresden. In *Wissensgemeinschaften in Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung*. (pp. 267–278). Verlag der Wissenschaften GmbH.
- Huber, T., Wunderling, T., Paschold, M., Lang, H., Kneist, W., Hansen, C. (2018). Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 13(2), 281–290.
- Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., Wong, J. (2016). Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Annals of translational medicine*, 4(23). Laugwitz, B., Held, T., Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. In *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group* (pp. 63–76). Springer, Berlin, Heidelberg.

-
- Lee, S., Koo, A., Jhung, J. (2017). MOSKIT: Motion sickness analysis platform for VR games. In Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, NV, 2017, pp. 17–18. doi: 10.1109/ICCE.2017.7889213.
- Nickel, P., Pröger, E., Kergel, R., Lungfiel, A. (2014). Development of a VR planning model of a river lock for risk assessment in the construction and machinery industry. In EuroVR2014-Conference and Exhibition of the European Association of Virtual and Augmented Reality (pp. 7–10).
- Rebenitsch, L., Owen, C. (2017). Evaluating factors affecting virtual reality display. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (Vol. 10280, pp. 544–555). https://doi.org/10.1007/978-3-319-57987-0_44
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2017). Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). *IJIMAI*, 4(6), 103–108.