

## Einsatz von Virtual Reality zur Immersionssteigerung für Hubschrauberbesatzungen

### Eine empirische Vorstudie

Mara Kaufeld<sup>1</sup>, Dr. Thomas Alexander<sup>2</sup>

**Abstract:** Rettungseinsätze erfordern von Hubschrauberbesatzungen besonders ausgeprägte Fähigkeiten bei der Identifikation von gefährlichen Situationen, Opfern und Verletzten. Um die visuelle Suche effizient und realitätsnah trainieren zu können, bietet sich als Ergänzung zum realen Training die Technologie der Virtual Reality (VR) an. Die Steigerung der Immersion für die Verbesserung des Trainings bedarf weiterer Forschung. Im Rahmen einer Vorstudie wurden bei n=6 Probanden<sup>3</sup> das Präsenzepfinden und die Simulatorkrankheit bei einer 12-minütigen Exposition in Virtual Reality erfasst. Die Ergebnisse belegen das Vorliegen eines guten Präsenzepfindens und Einschränkungen in Form des Auftretens von Simulatorkrankheit. Des Weiteren zeigt sich, dass der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben zur visuellen Suche für eine experimentelle Studie weiter nach oben korrigiert werden kann. Ein geplantes Experiment mit größerer Stichprobe wird die Ergebnisse bezüglich Aufgabenschwierigkeit miteinbeziehen und ein genaueres Augenmerk auf Simulatorkrankheit und Präsenzepfinden in Abhängigkeit von echter Bewegung legen.

**Keywords:** Virtuelle Realität, virtuelles Training, Hubschrauber, visuelle Suche, Präsenzepfinden, Immersion, Simulatorkrankheit

**Abstract:** For helicopter crews rescue missions request highly developed skills in identification of dangerous situations, victims and injured persons. For efficient and applied training of visual search a reasonable supplementation can be provided by Virtual Reality (VR) technology. The impact of enhanced immersion on the training of helicopter crews requires further research. As part of a pre-study participants (n=6) were asked for their sense of presence and symptoms of simulator sickness before and after a 12-minute exposure to VR. Results show a good sense of presence and limitations through simulator sickness. Additionally, results show that the difficulty level of the visual search tasks can be raised for an experimental study. A future experiment with a larger test sample will include the results regarding task difficulty and will focus on simulator sickness and presence as a function of real motion.

---

<sup>1</sup> Fraunhofer FKIE, Human Factors, Zanderstraße. 5, 53177 Bonn, mara.kaufeld@fkie.fraunhofer.de

<sup>2</sup> Fraunhofer FKIE, Human Factors, Zanderstraße. 5, 53177 Bonn, thomas.alexander@fkie.fraunhofer.de

<sup>3</sup> Zur besseren Lesbarkeit werden die personenbezogenen Bezeichnungen in männlicher Form angeführt. Diese Formulierungen umfassen gleichermaßen weibliche und männliche Personen. Es soll keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck gebracht werden.

**Keywords:** Virtual Reality, virtual Training, helicopters, visual search, presence, immersion, simulator sickness

## 1 Einleitung

Die Unterstützung eines kompetenzorientierten Lernens durch virtuelle Medien wie Augmented Reality (AR) oder Virtual Reality (VR) hat in den letzten Jahren verschiedene Formen angenommen. Heute sind entsprechende VR-HMDs (Head-Mounted Displays) für ein breites Publikum als Unterhaltungsmedien kostengünstig verfügbar. Hierdurch ergibt sich hohes Potential zum Einsatz dieser neuen Technologien im Bereich der Ausbildung und des Trainings. Der hier dargestellte Anwendungsfall behandelt die visuelle Suche und Identifikation von Gefahrensituationen im Anwendungsfall einer Hubschrauberbesatzung. Bei der typischen Flugführungsaufgabe wird dort bspw. im Rahmen von Rettungseinsätzen die Umgebung visuell nach gefährlichen Situationen, Verletzten oder Opfern abgesucht. Legt man zusätzlich Entfernungen und Anzahl von weiteren möglichen Zielen und Objekten (Menschen, Gebäude, Bewuchs) zugrunde, wird leicht ersichtlich, dass es sich um eine komplexe Aufgabe handelt. Auch in anderen Einsatzbereichen von Hubschraubern sind das Auffinden und die Identifizierung von bestimmten Reizen und Objekten entscheidend, beispielsweise bei der Polizei oder auch im militärischen Kontext bei der Aufklärung und bei Hilfeinsätzen.

Eine zielgerichtete Ausbildung und praxisnahes Training solcher Fälle ist entscheidend. Ein probates Mittel hierbei ist der Einsatz von Simulation in einer VR. Erhöhtes Präsenzepfinden stellt hierbei einen klaren Vorteil gegenüber traditionellen Ausbildungsmitteln dar. Allerdings zeigen sich bei der Nutzung von VR auch heute immer noch Einschränkungen und Grenzen. Diese ergeben sich vor allem durch menschliche Wahrnehmung und räumliche Orientierung. Hierbei liegen in einer VR andere Gegebenheiten vor als in der Realität, so dass es zu Reizkonflikten mit negativen Auswirkungen auf den Benutzer kommt.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Präsenzepfinden und Simulatorkrankheit sind häufig betrachtete und bedeutende Variablen im Erleben und Verhalten von Menschen in virtueller Realität. In den nachfolgenden Absätzen werden diese genauer erläutert und die Fragestellung der vorliegenden Arbeit beschrieben.

### 2.1 Präsenzepfinden

Der Begriff der Präsenz oder Immersion ist breit gefächert. [WS98] definieren Präsenz als subjektive Erfahrung, in einer Umgebung zu sein, während man physisch in einer

anderen verweilt. Für eine weitere Differenzierung ist entscheidend, dass Immersion die objektiv messbaren, technologischen Aspekte des VR-Systems beschreibt und der nur subjektiv messbaren, psychologischen Präsenz gegenübersteht [SI99].

Das Präsenzepfinden wird in der Regel durch subjektive Maße wie bspw. Fragebögen erfasst. Hier ist als klassisches Verfahren der PQ (Presence Questionnaire) nach [WS98] zu nennen. Der IPQ (Igroup Presence Questionnaire) baut auf dem PQ auf, umfasst aber insgesamt eine geringere Anzahl an Items, ist deutschsprachig validiert und bietet somit Vorteile gegenüber der ursprünglichen Variante. Inhaltlich erfasst er die Konstrukte der räumlichen Präsenz (engl. spatial presence), der Involvement (engl. involvement) und des Realitätsurteils (engl. experienced realism) [Sc03]. Räumliche Präsenz steht für den Kern der Präsenzauffassung, die gefühlte Anwesenheit an einem anderen Ort, während Involvement die Aufmerksamkeitslenkung beschreibt. Der dritte Faktor Realitätsurteil bezieht sich auf die wahrgenommene Echtheit und Vergleichbarkeit zur Realität.

## 2.2 Simulatorkrankheit

Simulierte Informationen und eine damit veränderte Wahrnehmung können auch negative Nebeneffekte haben. Bei der Simulatorkrankheit werden beim Benutzer Symptome wie Desorientierung, Kopfschmerz oder Übelkeit hervorgerufen. Die Simulatorkrankheit zählt zu den bewegungsinduzierten Übelkeiten (Bewegungskrankheit oder Reisekrankheit; engl. Motion Sickness), wie sie allgemein bei der Fortbewegung in einem Verkehrsmittel auftritt. Neben den genannten Symptomen treten bei Simulatorkrankheit auch vermehrt okulomotorische Symptome auf. An der Entstehung der Simulatorkrankheit sind hauptsächlich das vestibuläre (Gleichgewichts-) System sowie das visuelle System beteiligt [Ke93]. Nach der Sinneskonflikttheorie (engl. sensory conflict theory) entsteht Simulatorkrankheit durch eine Diskrepanz der Sinneseindrücke zwischen visuellem Reiz und Bewegungsreiz. Dies entspricht also einem Konflikt der vestibulären und visuellen Sinne und führt wiederum zu Beschwerden [La00]. Um Technologien der VR zu etablieren, ist es von Bedeutung, die Krankheitssymptome zu reduzieren. Die Simulatorkrankheit kann zu maßgeblichen Einschränkungen der Sicherheit der Benutzer, der Verwendungshäufigkeit sowie Trainings- und Lerneffektivität führen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Erfassung der Simulatorkrankheit. Sie gliedern sich in subjektive Empfindensmaße, psychophysiologische Maße und Maße der Haltungsverstabilität. Grundsätzlich müssen die letzten beiden Maße vorsichtig interpretiert werden, da eine Reihe von weiteren Einflüssen auf die Physiologie und die Haltungsverstabilität wirkt. Aus diesem Grund werden bevorzugt die subjektiv empfundenen Auswirkungen erfasst. Üblicherweise werden diese mit dem Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) von [Ke93] erfragt, welcher die Symptome der Simulatorkrankheit erfasst und ein Maß für deren Stärke liefert. Der Fragebogen umfasst die Symptomstärke für die Gruppen Übelkeit, Okulomotorik und Desorientierung.

### **2.3 Fragestellung**

Für ein praxisnahes Training sind eine Steigerung des Präsenzepfindens und eine Reduzierung negativer Begleiteffekte wie der Simulatorkrankheit erforderlich. Da Reizkonflikte zwischen visueller Bewegung und Kinästhetik eine Einflussgröße sind, kann eine Bewegungsplattform eine Abhilfe darstellen. Dort wird analog zur visuellen Bewegung eine echte Bewegung ausgegeben und kann demnach Symptome der Simulatorkrankheit verringern. Empirische Evidenz existiert hierfür kaum. Bisherige Evidenzen sind theoretischer oder anekdotischer Natur [GF89, La00, Mc06, Mc84]. Ferner erhöht eine Bewegungsplattform das Präsenzepfinden durch Stimulierung des vestibulären Systems und reduziert Sinneskonflikte.

Das Experimentalfeld und eine Probandenstudie, welche eine visuelle Suche in VR mit und ohne echte Bewegung beinhalten, befinden sich momentan (Stand Juni 2018) noch im Aufbau. Im Rahmen einer Vorstudie wird eine universelle Aufgabe entwickelt sowie der Schwierigkeitsgrad durch eine Probandenstudie mit geringerem Stichprobenumfang ermittelt. Ziel der vorliegenden Vorstudie ist es demnach ein Szenario zu entwickeln und zu evaluieren, welches anwendungsnah, aber experimentell die visuelle Suche von Hubschrauberbesatzungen simuliert. Die Entwicklung des Szenarios muss insbesondere die Messbarkeit von Präsenzepfinden und Simulatorkrankheit mit einbeziehen, um zukünftig die Auswirkung von realen Bewegungen einer Bewegungsplattform erfassen zu können. Die konkrete Fragestellung lautet demgemäß: Ist dieses Szenario geeignet zur verständlichen Repräsentation von anwendungsorientierter visueller Suche und der Messung von Präsenzepfinden und Simulatorkrankheit?

## **3 Methode**

Um der vorweg beschriebenen Fragestellung nachzukommen wurden 6 Probanden mit einem Durchschnittsalter von 28,2 Jahren getestet, von denen 3 weiblich waren. Die Probanden waren ohne Erfahrungen im Bereich von Hubschraubereinsätzen und mit geringfügiger Erfahrung in der Nutzung von VR-Systemen.

### **3.1 Versuchsaufbau und Messgegenstände**

Innerhalb eines experimentellen Durchgangs wurde von dem Probanden die Position eines Besatzungsmitgliedes eingenommen, das sich am hinteren rechten Fenster eines Hubschraubers befand und die Umgebung absuchte. In der Realität saß der Proband auf einem Stuhl. Die virtuelle Umgebung wurde in der Software VBS3 aufgebaut und mittels des VR Systems HTC Vive simuliert. Der Proband flog für 12 Minuten eine vorbestimmte Route entlang und absolvierte hierbei verschiedene Aufgaben (siehe 3.2), welche vorab bereits 4 Minuten zur Eingewöhnung trainiert wurden. Vor und nach dem experimentellen Durchgang wurden die Symptome der Simulatorkrankheit durch den SSQ erfasst (siehe 2.2). Abschließend wurde das Präsenzepfinden durch den IPQ

abgefragt (siehe 2.1). Der experimentelle Durchgang war in dynamische und statische Phasen untergliedert, welche ständig aufeinander folgten (siehe Abb. 1).

### 3.2 Aufgaben

Während der dynamischen Phase zählte der Proband ein Set von Stimuli (dreidimensionale weiße Sphären), welche für 4,5 Sekunden in der Umgebung erschienen und glich diese mit einer vorgegeben Anzahl  $X$  ab. Es wurden beispielweise 8 Sphären gezählt und entschieden ob mehr als 7 Sphären erkannt wurden. In diesem Beispiel musste dies dann mit Drücken einer Taste „ja“ bestätigt werden. Die Anzahl der Sphären variierte zwischen 5 und 10. Die dynamische Phase wurde während des Fluges absolviert.

Bei der statischen Phase hingegen befand sich der Hubschrauber im Schwebeflug und der Proband suchte eine Gruppe von 10 Landoltringen ab, welche für 3 Sekunden erschienen und in die Umgebung eingebettet waren. Hierbei sollte der Proband angeben, ob einer der Landoltringe eine Öffnung nach oben aufwies und dies mit „ja“ bestätigen oder mit „nein“ ablehnen.

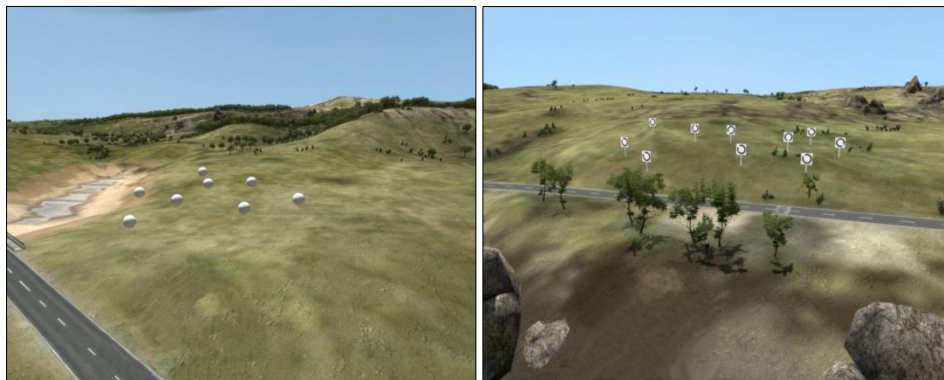


Abb. 1: Blick aus dem Hubschrauber: Dynamische Aufgabe (links), Statische Aufgabe (rechts)

Aufgezeichnet wurden bei beiden Aufgaben die Anzahl von richtigen, falschen und verpassten Trials sowie die Reaktionszeit. Der Beginn der Reaktionszeit ist mit dem Erscheinen der Stimuli in beiden Aufgaben gegeben und endet beim ersten Klick des Probanden. Dynamische und statische Phase folgten ständig aufeinander. In jeder Phase wurden 10 Trials der entsprechenden Aufgabe absolviert. Insgesamt wurden 40 Trials absolviert, also 20 pro Aufgabe.

## 4 Ergebnisse

Für das Präsenzepfinden liegt der Maximalwert der Skala bei 6. In Abb. 2 ist zu erkennen, dass sich die Werte für die Skalen Räumliche Präsenz und Involvierung in der oberen Hälfte befinden und für die Skala Erlebter Realismus knapp unter der Hälfte.

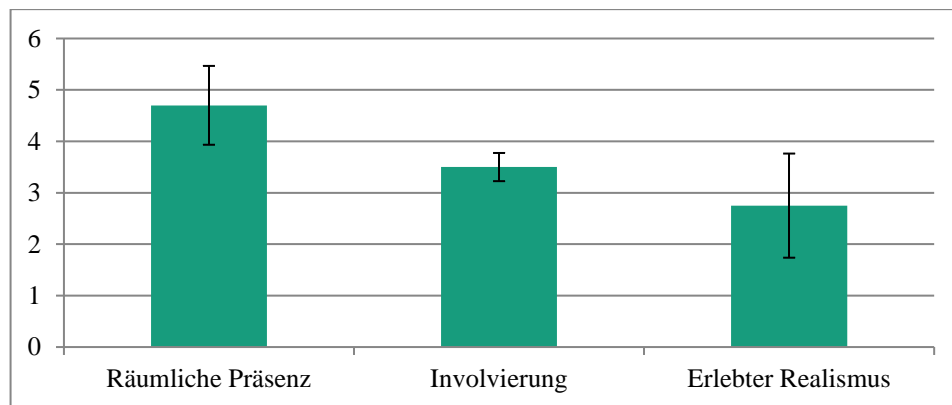


Abb. 2: Präsenzepfinden gemäß IPQ

Die Skalen des SSQs zeigen bei einem abhängigen T-Test im Vorher-Nachher-Vergleich signifikante und marginal signifikante Ergebnisse (siehe Abb. 3). Für die Skalen Nausea und okulomotorisches Unwohlsein fällt der T-Test marginal signifikant ( $p < .1$ ) aus. Für die Skalen Desorientierung ( $M=9.28$ ,  $SD=14.38$ ;  $M=39.44$ ,  $SD=28.41$ ;  $p=.017$ ) und den Gesamtwert ( $M=20.57$ ,  $SD=14.53$ ;  $M=39.27$ ,  $SD=21.26$ ;  $p=.017$ ) zeigen sich signifikante Ergebnisse.

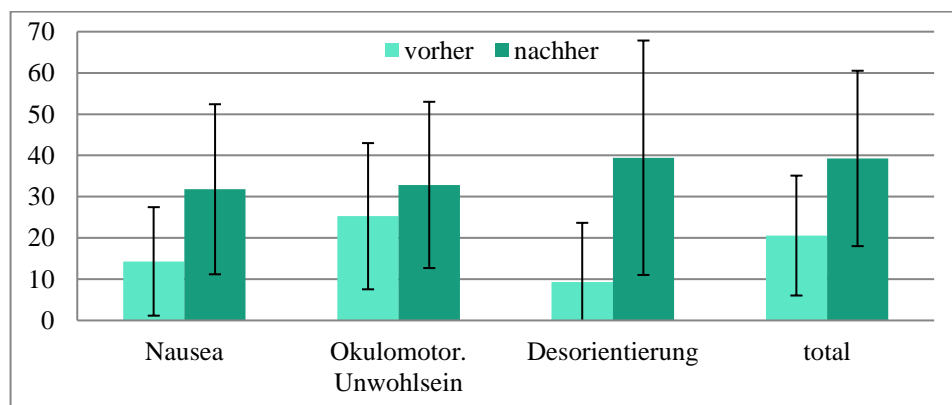


Abb. 3: Simulatorkrankheit gemäß SSQ vorher und nachher

Bei der statischen Aufgabe lag die durchschnittliche Fehleranzahl bei 1.66 ( $SD=1.36$ ). Für die dynamische Aufgabe zeichnet sich ein ähnliches Bild mit einer

durchschnittlichen Fehlerrate von 1.17 (SD=1.47). Die Reaktionszeiten sind bei beiden Aufgaben ähnlich, bei um die 3 Sekunden (SD=0.40; 0.74) (siehe Abb. 4).

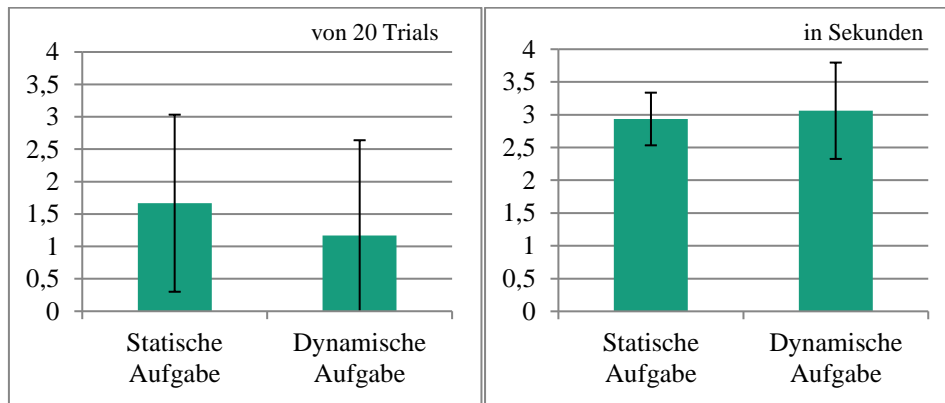


Abb. 4: Fehler (links), Reaktionszeiten (rechts)

## 5 Fazit und Diskussion

Zu Beginn ist anzumerken, dass es sich bei der vorliegenden Studie um eine Vorstudie handelt. Die Ergebnisse für Simulatorkrankheit und Präsenzepfinden müssen deshalb mit Vorsicht interpretiert werden, da es sich bei der geringen Versuchspersonenanzahl auch um Zufallsschwankungen handeln kann. Trotzdem bieten die vorliegenden Ergebnisse einen ersten Eindruck über Beschaffenheit und Einschränkungen des zu testenden Szenars. Das Präsenzepfinden ist insgesamt als gut zu bewerten. Es ist zu prüfen, ob die geplante Verwendung einer Bewegungsplattform zu einer Steigerung des Präsenzepfindens beitragen kann. Im Bereich der Simulatorkrankheit ist Verbesserungsbedarf zu erkennen, welchem man durch Aufstockung des technischen Systems, im Sinne einer Bewegungsplattform, entgegen kommen könnte. Zumindest der Theorie nach könnte durch eine Reduzierung von Sinneskonflikten die Simulatorkrankheit verringert werden (siehe 2.2). Die Fehlerraten zeigen, dass die Aufgaben mit wenigen Schwierigkeiten bearbeitet werden konnten. Für ein experimentelles Design bietet es sich an, den Schwierigkeitsgrad, durch eine höhere Stimulanzahl, anzuheben, um Varianz in den verschiedenen Gruppen identifizieren zu können. Die Reaktionszeiten zeigen, dass sich die Aufgaben zumindest visuell anspruchsvoll gestalten, da Reaktionszeiten um die 3 Sekunden im Vergleich zu klassischen Reaktionszeitstudien sehr lang sind. Die langen Reaktionszeiten entstehen durch ein Szenario, welches vergleichbar mit der realen Welt ist und eine Vielzahl von Fehlzielen liefert. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist dieses Szenar geeignet um empirische Probandenuntersuchungen im Bereich des Präsenzepfindens und der Simulatorkrankheit durchzuführen, zu analysieren und zu bewerten.

## 6 Literaturverzeichnis

- [GF89] Gower Jr, D. W.; Fowlkes, J.: Simulator sickness in the AH-1S (Cobra) flight simulator, 1989.
- [Ke93] Kennedy, R. S. et al.: Simulator sickness questionnaire. An enhanced method for quantifying simulator sickness. In *The international journal of aviation psychology*, 1993; S. 203–220.
- [La00] LaViola Jr, J. J.: A discussion of cybersickness in virtual environments. In *ACM SIGCHI Bulletin*, 2000; S. 47–56.
- [Mc06] McCauley, M. E.: Do Army helicopter training simulators need motion bases?, 2006.
- [Mc84] McCauley, M. E.: Research issues in simulator sickness. Proceedings of a workshop. National Academies, 1984.
- [Sc03] Schubert, T. W.: The sense of presence in virtual environments: A three-component scale measuring spatial presence, involvement, and realness. In *Zeitschrift für Medienpsychologie*, 2003; S. 69–71.
- [SI99] Slater, M.: Measuring presence. A response to the Witmer and Singer presence questionnaire. In *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 1999; S. 560–565.
- [WS98] Witmer, B. G.; Singer, M. J.: Measuring presence in virtual environments. A presence questionnaire. In *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 1998; S. 225–240.