

Vollständig virtuelle Fahrsimulation für ergonomische Beurteilungen und Trainingszwecke

Mihaela WILLIAMS*, Oliver STEFANI** und Walter PIECHULLA***

**Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 30, D-64287 Darmstadt*

***Fraunhofer-IAO CC Virtual Environments
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart*

****Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften, Universität Würzburg
Röntgenring 11, D-97070 Würzburg*

Kursfassung. Eine Pilotstudie wurde durchgeführt, um die Eignung eines nahezu vollständigen virtuellen Fahrsimulators für ergonomische Beurteilungen und Trainingszwecke zu überprüfen.

Schlüsselwörter: Fahrsimulator, Akzeptanz, Training

1. Einleitung

Die Pilotstudie mit einem fortgeschrittenen virtuellen Fahrsimulator fand im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projektes VIRTUAL (Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design) statt.

Ziel des Projektes war, die Eignung von Virtual-Reality-Fahrsimulationen für die ergonomische Evaluation des Fahrzeuginnenraumes, sowie für Trainingszwecke zu überprüfen. Dazu wurden drei Systeme entwickelt und getestet, die zunehmende Grade an Immersion der Versuchsperson in die virtuelle Umgebung realisieren.

Es wurden folgende Systeme entwickelt:

- Ebene 1: stereoskopische Darstellung der Umgebung, reale Bedienelemente;
- Ebene 2: immersiv mit Hilfe eines Head-Mounted Displays (HMD), Avatar des Fahrers, zwei virtuelle Bedienelemente (Lenkrad und Gangschalthebel), jedoch ohne haptische Rückmeldung;
- Ebene 3: wie auf der 2. Ebene, aber mit haptischer Rückmeldung von den simulierten Bedienelementen.

Die hier beschriebenen experimentellen Untersuchungen bezogen sich auf die 3. Ebene bzw. auf das aufwändigste und technisch anspruchvollste dieser Systeme, das als nahezu vollständig virtuell bezeichnet werden kann.

2. Methode

Für die gesamte Untersuchung wurde die Fragebogenmethode eingesetzt:

- Um Sichtbedingungen, Interaktion mit den Bedienelementen, Qualität der Simulation und Akzeptanz der virtuellen Realität subjektiv beurteilen zu lassen, wurden die bereits von den Projektpartnern entwickelten speziellen Fragebögen übernommen (u.a. Scheuchenpflug 2001).



- Mit Hilfe des NASA-TLX-Fragebogens (Hart & Staveland 1988) wurde die Belastung durch die Fahraufgabe eingestuft.
- Ein anderer Fragebogen wurde eingesetzt, um zu erfassen, ob und wie stark Symptome der Simulatorkrankheit (u.a. Schwindel, Übelkeit) auftraten (Kennedy et al. 1993). Dieser Fragebogen wurde im Laufe des Projektes auch in anderen experimentellen Untersuchungen angewendet (Ebene 1 und Ebene 2).

2.1 Experimentelles Design

Sechs Probanden haben an Pilotversuchen teilgenommen (Alter zwischen 20 und 47 Jahren) und zwei davon waren weiblich.

Es wurden folgende Aufgaben ausgewählt: Erkundung im Stand, Schalten auf Anweisung (im Stand), Geradeausfahren und vorwärts Einparken.

Nach jeder Aufgabe und nach dem gesamten Versuch wurden die Sichtbedingungen und die Interaktion mit den Bedienelementen von den Probanden beurteilt. Die Belastung durch jede einzelne Fahraufgabe wurde mit dem NASA-TLX-Fragebogen erfasst. Außerdem wurden nach dem gesamten Versuch die Qualität der Simulation und die Akzeptanz der virtuellen Realität eingestuft. Die Probanden wurden schließlich danach auch befragt, ob und wie stark sie an den unterschiedlichen Symptomen der Simulatorkrankheit litten.

Die Untersuchungen haben in einem 4-seitigen Projektionsraum (CAVE) stattgefunden, wo auch das Fahrzeug-Mockup untergebracht wurde. Die Pedale des Mock-ups waren real, Lenkrad und Gangschalthebel dagegen simuliert. Die virtuelle Umgebung wurde mittels Shutter-Brille betrachtet, um einen stereoskopischen Eindruck des Fahrzeuginterieurs zu erhalten. Die Probanden erhielten die haptische Rückmeldung von den simulierten Bedienelementen über ein Force-Feedback-Exoskelet.

3. Ergebnisse

Aufgrund der kleinen Anzahl von Probanden können keine statistisch signifikanten Aussagen gemacht werden. Im Folgenden werden einige Ergebnisse exemplarisch dargestellt.

Es zeigte sich eine Leistungssteigerung gegen Ende des Versuchs, die durch die Gewöhnung der Probanden an die Umgebung bzw. an den Umgang mit den simulierten Bedienelementen erklärt werden könnte (Abb. 1)

Die Interaktion mit den simulierten Bedienelementen (das Auffinden, Umfassen und das Bewegen der simulierten Bedienelemente) wurde von den Probanden als unnatürlich empfunden (Abb.2, eine kleinere Zahl bedeutet eine schlechtere Bewertung).

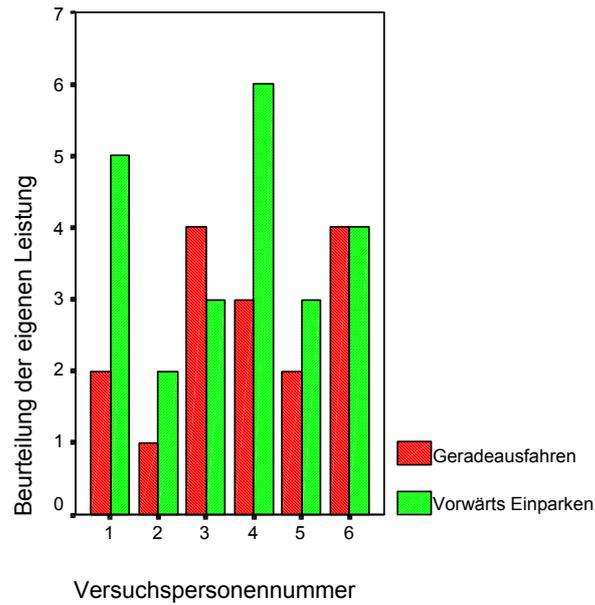


Abbildung 1: Beurteilung der eigenen Leistung beim Geradausfahren und Vorwärtseinparken

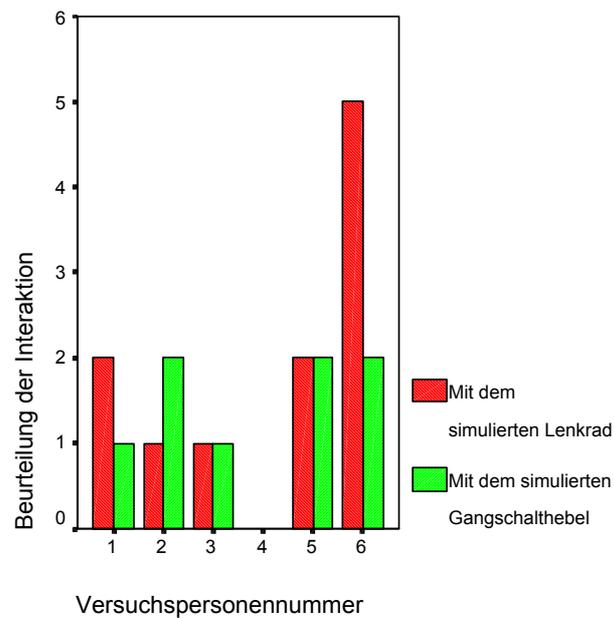


Abbildung 2: Beurteilung der Interaktion mit den simulierten Bedienelementen

Aufgrund des Tragens des Exoskeletts ist das Ausführen der Hand-Arm-Bewegungen beim Lenken und beim Schalten beeinträchtigt worden. Diese Beeinträchtigung ist von fast allen Probanden als hoch eingestuft worden (Abb. 3, eine niedrigere Zahl bedeutet eine schlechtere Bewertung).

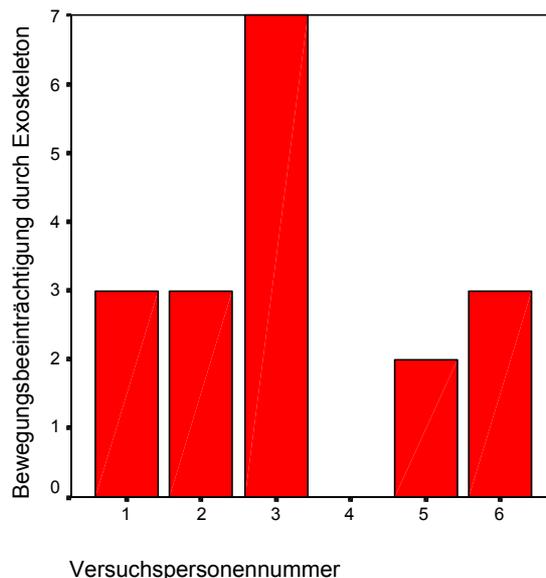


Abbildung 3: Beurteilung der Bewegungsbeeinträchtigung durch das Tragen des Exoskeletts

Die körperliche Belastung wurde von den weiblichen Versuchspersonen höher eingestuft als von den Männlichen. Das könnte unter anderem mit den Kräften zusammenhängen, die aufgebracht werden mussten, um das Hand-Arm-System mit dem Exoskelett zu bewegen. Die Symptome der Simulatorkrankheit traten entweder überhaupt nicht oder nur sehr schwach auf, so dass in keinem Fall der Versuch abgebrochen werden musste.

4. Diskussion und Schlussfolgerung

Der virtuelle Fahrsimulator ist vielversprechend, obwohl seine Qualität bisher weder für ergonomische Beurteilungen noch für Trainingszwecke wirklich ausreichend ist. Die eingesetzten Technologien (vor allem das Exoskelett für die Simulation der Haptik) befinden sich in einer frühen Entwicklungsstufe, so dass für die Zukunft erhebliche Verbesserungen erwartet werden. Demonstriert wurde, dass die haptische Rückmeldung in einem virtuellen Fahrsimulator schon heute machbar ist.

5. Literatur

1. Hart, S.G. & Staveland, L.E. 1988, Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In: P. Hancock & N. Meshkati, *Human Mental Workload*. Amsterdam: North Holland, 139-183.
3. Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S. & Lilienthal, M. G. 1993, Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness, *International Journal of Aviation Psychology*, 3, 203-220.
4. Scheuchenpflug, R. 2001, Measuring presence in virtual environments. In: M.J. Smith, G. Salvendy & M.J. Karlsdorf (Eds.), *HCI International 2001*, Poster sessions: Abridged Proceedings. New Orleans: HCI, 56-58.