

Etablierung einer Fahrsimulation zur Beurteilung multidimensionaler Aufgabenlasten durch mobile IKT an Fahrerarbeitsplätzen – objective fidelity beats equipment fidelity?

Michael BRETSCHNEIDER-HAGEMES

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV
Alte Heerstr. 111, 53757 St. Augustin*

Kurzfassung: Die Digitalisierung der Arbeitswelt hat dazu geführt, dass Fahrerarbeitsplätze häufig mit Informations- und Kommunikationssystemen (IKT) ausgestattet werden (vgl. DGUV 2009). Oft umfassen diese Arbeitsplätze den Umgang mit einer Vielzahl digitaler Systeme. Die Ablenkungspotentiale dieser Systeme verlangen nach einer optimalen bedienergonomischen Integration und deren gefahrloser Überprüfung. Der Beitrag beschäftigt sich mit dem Aufbau eines zu diesem Zweck konzipierten Fahrsimulators am IFA. Die Besonderheit liegt in der sehr kostengünstigen und vermeintlichen low-fidelity Konstruktion, die aber durch eine besondere Softwareumgebung zu guten Ergebnissen in der übergreifenden Simulationsgüte gelangt. Zur Nachahmung und zum Erfahrungsaustausch wird explizit eingeladen.

Schlüsselwörter: Fahrsimulation, Ablenkungsmessung, Mobile Informations- und Kommunikationstechnologie

1. Problemstellung

Der vielfältige Einsatz mobiler Informations- und Kommunikationstechnologien an Fahrerarbeitsplätzen führt zu immer größeren Ablenkungspotentialen. Das gilt für werksseitige Systeme der Fahrzeughersteller ebenso wie für Nachrüstsysteme. Die besondere Problematik besteht allerdings in der häufig sehr unbedachten Zusammenstellung von Nachrüstsystemen, die nie durch einen (Fahrzeug-) Hersteller auf ihre Aufgabenlast hin geprüft wurden. Diese Systeme dienen z.B. der Auftragsvergabe, der Disposition und Navigation sowie der mobilen Informationsgewinnung. Typische Geräte sind Tablet-PCs, Navigationssysteme, Notebookintegrationen an Fahrerarbeitsplätzen im Bereich mobiler technischer Dienstleistungen, Telematikanwendungen in der Logistik usw. Ob die Arbeitsplatzgestaltung durch den Einsatz mobiler IT gefahrungsfrei ist, muss auch betrieblich, im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung, geklärt werden. Das Problembewusstsein ist im betrieblichen Umfeld jedoch eher gering ausgeprägt. Der Aufbau eines Fahrsimulators, durch den flexibel und mobil die Anwendungen überprüft werden können, die tatsächlich betrieblich auffindbar sind, soll das Problembewusstsein verbessern und eine Objektivierung der Problemstellung ermöglichen.

Der Fahrsimulator des IFA wurde entwickelt, um den Einfluss multidimensionaler Aufgabenlasten konkreter praktische Anwendungsfälle auf die Fahrleistung zu analysieren.

2. Konstruktion

Der Aufbau wurde derart gestaltet, dass Fahrer- und Beifahrersitz montiert werden können. Ein Beifahrersitz ist deshalb von Bedeutung, da die Geräte der zu testenden Sekundäraufgaben häufig auf dem Sitz bzw. der Sitzschiene befestigt werden (Notebookhalterung usw.). Auf einem höhenverstellbaren Sockel befinden sich das Lenkrad (ausgestattet mit haptischen Force-Feedback-Eigenschaften) sowie die H-Schaltung. Auf dem Bodengerüst findet sich eine Fläche für die Pedalerie. Die Auswahl der Geräte orientierte sich an einem maximal erreichbaren Realitätsniveau. Durch die Force-Feedback-Ausstattung sowie die Möglichkeit die Simulation mit einer üblichen H-Schaltung und Standardpedalerie (Gas, Bremse, Kupplung) zu steuern, soll die Reaktivität des Versuchsaufbaus minimiert werden.



Abbildung 1: Der mobile IFA-Simulator in Aktion - Weltkongress für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2014 in Frankfurt

3. Softwareumgebung

Als Simulationsumgebung kommt vor allem die aufwändige aber kostengünstige Software rFactor zur Anwendung. Diese stammt ursprünglich aus der Sim-Racing-Szene und wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes erstmals über ein eigens gefertigtes Plug-In zur Auslesbarkeit der wesentlichen Leistungsparameter einer Forschungsanwendung zugänglich gemacht. Es wird somit beansprucht, trotz relativ geringer *equipment fidelity* (der Fahrsimulator verfügt beispielsweise über keine nachgebaute Karosserie), ein hohes Maß an insgesamt vorliegender *simulator fidelity* erreicht zu haben (simpel gesagt, ist damit das insgesamt erreichte Realitätsniveau der Simulation nebst der Rückschließbarkeit der Ergebnisse auf die Realität gemeint). Die so genannte *objective fidelity* (beispielsweise eine realitätsnahe Fahrdynamik) sowie die *perceptual fidelity* (in wie weit erlebt der Proband die Simulation nach einer Eingewöhnung als realitätsnah) wurde in einem Maß erreicht, das durch gängige Simulationsumgebungen im Forschungsbereich oft nicht erreicht wird (bzgl. fidelity-Aspekten vgl. Regan et al. 2009, S.89.). Ein weiterer

Vorteil liegt in der freien Streckengestaltung nebst Google-Maps-Schnittstelle und der Netzwerkfähigkeit des Programms.

3.1 R-factor und IFA-Plug-In

Die Simulationsumgebung erlaubt den Einsatz jedes vorstellbaren Fahrzeugtyps. Die realitätsnahe Anpassung des Simulators an spezifische Probandenkollektive (z.B. die Verwendung des Fahrzeugtyps aus der Firmenflotte) ist dadurch möglich.

Die Realitätsnähe der Fahreigenschaften kann variiert werden. In Probeläufen wurde beobachtet, dass der Transfer von real vorhandenen Fahrleistungen besser gelingt, wenn dem Probanden die Fahraufgabe selbst zunächst vereinfacht dargeboten wird (Automatikgetriebe usw.). Die zu befahrenen Strecken können aus einem Pool vorhandener Layouts geladen oder selbst gestaltet werden (s.u.). Gerade im Sinne standardisierter Fahraufgaben wurde ein selbst erstelltes Layout bevorzugt. Ein durch das IFA erstelltes Plug-In ermöglicht den Zugriff auf div. Fahrparameter (Tempo, Spurverletzungen, Bremsverhalten usw.).



Abbildung 2: Cockpitperspektive der r-Factor-Simulation.

3.2 Bob's Track Builder

Die Ergänzungssoftware Bob's Track Builder erlaubt die freie Streckengestaltung und somit eine optimale Anpassbarkeit an die Untersuchungsziele. Eine Schnittstelle zu Google Maps ermöglicht den Import real vorhandener Straßenverläufe. Die Ausgestaltung der Fahrbahnoberfläche aber auch der Landschaft ist problemlos möglich.

4. Methodik

Das übliche Testszenario ermöglicht jedem Probanden eine ausreichend lange Eingewöhnungsphase (freies Fahren). Diese wird durch standardisierte Testläufe ergänzt. Der eigentliche Test besteht dann aus einem Baseline-Run (Fahrt auf standardisiertem Parcours ohne Ablenkung) und einem Test-Run (...mit Ablenkung/Sekundärtätigkeit - die Ablenkungsaufgabe kann den konkreten betrieblichen Anwendungen 1:1 nachgebaut werden). Ggf. folgt noch eine weitere

Fahrt in der eine standardisierte Referenzaufgabe als Ablenkung herangezogen wird. Das konkrete Untersuchungsziel bestimmt die Ausgestaltung des Testszenarios.

Die statistische Auswertung der Daten ausreichend großer Probandenkollektive führt zu einer relativen Bestimmbarkeit der globalen Aufgabenlast einer Sekundärtätigkeit. Die Tätigkeit kann in Variationen erneut überprüft und entsprechend weiterentwickelt werden.

Als Ergänzung und Referenz können Standardsimulationen und Testverfahren wie der Lane Change Task (LCT) gemäß ISO 26022 problemlos mit dem vorhandenen Aufbau ausgeführt werden.

5. Erste Eindrücke und Ergebnisse

Im Umfeld eines Messestandes wurden Passanten spontan gebeten eine Probefahrt zu unternehmen. Es fanden sich 50 Probanden, davon konnten 44 Fälle voll dokumentiert werden.

Es erfolgte eine mündliche Einweisung in die Simulatorbedienung und das weitere Vorgehen. Eine sonst unter Laborbedingung unabdingbare Probefahrt konnte den Passanten unter den gegebenen Umständen leider nicht ermöglicht werden. Der somit vorhandene ungefilterte Adaptionseffekt macht die Ergebnisse nur bedingt verwertbar.

Jeder Proband absolvierte eine Baseline-Fahrt und eine Testfahrt mit Ablenkungsaufgaben auf einem standardisierten Parcours. Die Fahrt auf einer kurvigen Landstraße betrug jeweils ca. 3 Minuten. Es wurde kein Gegenverkehr dargeboten, die Strecke wurde in 5 Geschwindigkeitszonen (30-70 Km/h) aufgeteilt und durch übliche Verkehrsschilder angezeigt.

Die Vorgabe für die Probanden lautete: *Halten Sie die rechte Spur bei der durch die Beschilderung vorgegebene Geschwindigkeit.*

Zudem wurde die Ablenkungsaufgabe nach der Baseline-Fahrt erklärt. Es handelte sich um eine so genannte *Disponentenmeldung* aus dem betrieblichen Kontext, die auf einem Laptop präsentiert wurde. Dabei galt es einen Text zu lesen und einen Klick auf einer Funktionstaste auszuführen („OK“). Bei einem Teil der Aufgaben wurden die Probanden durch den Aufgabentext angehalten, ein bestimmtes Signalwort laut auszusprechen. So sollte die Validität der Daten erhöht werden („blindes Klicken“ kann gefiltert werden).

Folgende Parameter wurden ausgelesen bzw. dokumentiert:

- Fahrleistung:
 - Spurverletzung „*Seitenlinie*“
 - Spurverletzung „*Mittellinie*“
 - Geschwindigkeitsüberschreitungen
- Ablenkungsaufgaben:
 - Aufgabe motorisch erfüllt „*ja/nein*“
 - Aufgabe kognitiv/akustisch erfüllt „*ja/nein*“
- (Checkliste):
 - Dauer der Aufgabenerfüllung

Zwischen Baseline-Fahrt und der Testfahrt mit Ablenkung ist eine konstante Verschlechterung der Fahrleistung zu erkennen (gilt für alle Gruppen).

Es ergeben sich häufigere Spurverletzungen. Sowohl die Mittellinie als auch die Seitenlinie wurde pro Fahrt durchschnittlich einmal öfter überfahren. Zudem wurden

Einlenkpunkte in Kurven wiederholt aufgrund von Blickabwendungen verpasst.

Ebenso ergeben sich häufigere Geschwindigkeitsüberschreitungen. Die durchschnittliche Geschwindigkeitsüberschreitung auf die gesamte Strecke bezogen belief sich bei den Testfahrten auf 0,5 km/h höher, als bei den Baseline-Fahrten. Beobachtung 1: Schilder werden nicht gesehen. Beobachtung 2: Proband geht zunächst vom Gas und versucht dann nach der Aufgabenerfüllung (Ablenkung) wieder „aufzuholen“.

Die Auswertung des nach erfolgreicher Aufgabenerfüllung (Ablenkung) gefilterten Datensatzes fiel überraschend aus. Es zeigte sich keine signifikante Abweichung zwischen den Gruppen. Aufgrund der getätigten Beobachtungen wird derzeit gefolgert: *1. Wer ohnehin schon ausgelastet ist, stellt sich der Aufgabe erst gar nicht/fährt unbeeindruckt weiter. 2. Proband betreibt „Informationsmanagement“, d.h. wartet auf geraden Streckenabschnitt usw.*

Kaum ein Proband schaffte es sich der „Aussprechaufgabe“ im Rahmen der Ablenkungsaufgabe zu widmen. 18 von 44 Personen erfüllen mind. 1 von 3 „Aussprechaufgaben“. Lediglich 2 Personen erfüllen alle „Aussprechaufgaben“. Diese gaben an, selbst aus dem Forschungsgebiet zu stammen und über erhebliche Simulatorerfahrung zu verfügen.

6. Diskussion

Die skizzierte Methodik rund um den Fahrsimulator steht noch am Anfang ihrer Entwicklung. Eine qualitative Auswertung wird künftig über die visuelle Darstellung der Fahrspuren aus der Vogelperspektive ermöglicht uvm. Es konnte in den benannten Testläufen dennoch gezeigt werden, dass das Verfahren trotz der Adaptionseffekte zumindest grob diskriminiert. Dies ist unter adäquaten Laborbedingungen weiterhin zu prüfen. Die Validität des Verfahrens soll weiterhin über Kreuzversuche mit etablierten Verfahren getestet werden.

Die Stärke liegt schon jetzt in der hohen fahrphysikalischen Güte der Simulation. Es handelt sich nahezu um eine realistische Fahraufgabe. Die gute Anpassbarkeit der Fahraufgabe aber auch der Ablenkungsaufgaben führt zu einer hohen Akzeptanz im betrieblichen Umfeld und trägt damit zu einer Sensibilisierung der Zielgruppe bei.

7. Literatur

- DGUV - Stamm, Kohn, Bretschneider-Hagemes – (2009) BGI/GUV-I 8696: Information – Einsatz von bordeigenen Kommunikations- und Informationssystemen mit Bildschirmen an Fahrerarbeitsplätzen, Berlin.
- ISO 26022 (2010) Road vehicles. Ergonomic aspects of transport information and control systems. Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand.
- Regan, A.M., Lee, J.D., Young, L.K. (2009) Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation, Boca Raton, CRC Press, Taylor and Francis Group.