

Balancierte Gestaltung kooperativer multimodaler Bedienkonzepte für Fahrerassistenz und Automation: H-Mode beim Annähern, Notbremsen, Ausweichen

Johann Kelsch, Matthias Heesen, Christian Löper und Frank Flemisch

Schlüsselwörter: Multimodale Interaktion, H-Mode, kooperative Automation, Arbitrierung

Zusammenfassung

Im Rahmen des DFG-Projektes H-Mode wird eine intuitive, metaphorbasierte Mensch-Maschine-Interaktion für ein hochautomatisiertes Fahrzeugführungssystem erforscht und entwickelt, das auf einer manöverbasierten kooperativen Automation aufbaut. Im speziellen wird in diesem Beitrag auf die Aspekte der Interaktion beim Annähern, Notbremsen und Ausweichen eingegangen. Der Aufbau eines Prototyps sowie die Methodik und ausgewählte Ergebnisse einer Exploration werden kurz dargestellt und diskutiert.

Einleitung

Die zunehmende Automatisierung der Fahrzeugführung bedarf einer systematischen Erforschung einer an die Systeme aber auch an die potentiellen Nutzer angepassten Interaktion. Wichtig dabei ist vor allem die Transparenz des komplexen Automationsverhaltens, sowie die Kompatibilität und Konfliktfreiheit zwischen Mensch und Automation. Eine intuitive Verstehbarkeit der Automation wird hier durch die Verwendung einer aus der Luftfahrt kommenden Designmetapher mit dem biologischen Vorbild Reiter-Pferd erhöht (Flemisch 2003/1). Daraus abgeleitete Interaktionsstrategien (H-Mode) können auch auf metaphorfreie Automationskonzepte, z.B. HAVEit (Hoeger 2008), übertragen werden. Das Spannungsfeld zwischen diesen Randbedienungen, den technischen Möglichkeiten und Anforderungen, aber auch den Erwartungen der potentiellen Nutzer, wird mit einer dynamisch balancierten Vorgehensweise behandelt (Flemisch 2003/2). Wesentlicher Bestandteil dieser Vorgehensweise ist eine iterative Gestaltung und Entwicklung innerhalb einzelner Explorationen sowohl der Automation als auch der MMI (Flemisch 2008). Fokus dieses Kurzbeitrages ist die Gebrauchstauglichkeitsuntersuchung am Ende einer Exploration zum H-Mode speziell zum Annähern, Notbremsen und Ausweichen.

Explorationsziele und Setup

In der aktuellen Exploration des H-Mode Projektes sollten u.a. Erwartungen der Nutzer an das Automationsverhalten und an die Interaktion erfasst, das grundsätzliche Fahrverhalten im Annäherungsvorgang und in Notbrems- und Ausweichsituationen sollte untersucht und die haptisch-multimodale Interaktion zwischen dem Fahrer und der Automation gestaltet werden. Dabei sollte ein Prototyp entwickelt und mit Versuchspersonen auf seine Gebrauchstauglichkeit untersucht werden. Die Exploration fand in einem statischen Fahrsimulator statt (Abb.1 links). Die Versuchspersonen befuhren mit einem aktiven Lenkrad und einem aktiven Gaspedal eine dreispurige Autobahn auf der Mittelspur mit entweder freier linker und rechter Spur (Ausweichmöglichkeit) oder belegter linker und rechter Spur (keine Ausweichmöglichkeit). Ihre Aufgabe war es während der Fahrt Zweitaufgaben zu bearbeiten und dabei Kollisionen mit auf der eigenen Spur auftauchenden Hindernissen zu vermeiden. Die unterschiedliche Kritikalität der Situation wurde durch plötzlich in unterschiedlichen Time to Collision auftauchenden Fremdfahrzeugen realisiert. Die einzelnen Kritikalitätsstufen (0 - maximal) sind in einem Sequenzdiagramm (Abb.1 rechts) durch gestrichelte Linien dargestellt.

Prototyp- und Interaktionsgestaltung

Die Übergänge zwischen den einzelnen Kritikalitätsstufen dienen als Trigger für die Darbietung haptischer Interaktionssignale auf den aktiven Stelleilen. In der Abb. 1 ist das Interaktionsdesign einer hohen Automatisierung dargestellt. So wird z.B. beim Übergang von der niedrigen zur mittleren Kritikalitätsstufe ein zweifacher linksseitiger Lenkradausschlag (Doubletick) als Automationshinweis, dass ein Spurwechsel von der Automation gewünscht ist, auf dem Lenkrad dargeboten. Gleichzeitig wurde eine kontinuierlich ansteigende Gegenkraft als Hinweis für die ansteigende Kritikalität der Situation auf dem Gaspedal dargeboten. Beim Übergang von der mittleren zur hohen Kritikalität kamen ein Doubletick auf dem Gaspedal als Bremshinweis und eine in der Amplitude ansteigende Vibration als Gefahrenwarnung dazu. Der Fahrer konnte jederzeit reagieren (senkrechte Pfeile in der Abb. 1), wobei mit Hilfe eines Konfliktlösungsansatzes - Arbitrierung (Kelsch 2006) - ein passendes Manöver ausgewählt und ausgeführt wurde. Bei der maximalen Kritikalität wurden die Manöver automatisch eingeleitet.

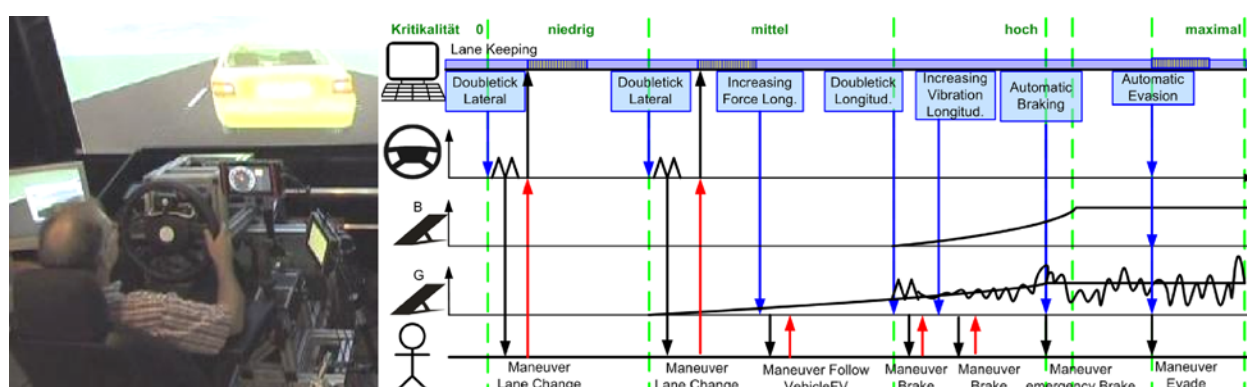


Abb.1: Versuchsanordnung und Interaktionsdesign

Grundlage der untersuchten Interaktion mit dem Fahrer bildet eine auf Manövern basierende kooperative Automation (Löper 2008), die für die Entwicklung verschiedener Interaktionsformen zum hochautomatisierten Fahren genutzt wird. Neben der Fähigkeit, das untersuchte Szenario autonom zu absolvieren, bietet die Automation vielfältige Möglichkeiten zur Kommunikation mit dem Fahrer, so dass eine kooperative Fahrzeugführung möglich wird. Es werden implizite und explizite Kommunikationsformen unterstützt. Bei der Strukturierung der Verhaltensgenerierung und der Ausprägung des Verhaltens ist die innere Kompatibilität von Automation und Fahrer eine zentrale Forderung. Auf Basis eines zum Fahrer kompatiblen Wertesystems generiert die Automation die in einer Situation für sie durchführbaren Manöver und stellt sie dem Arbitrierungsmodul zur Verhandlung mit dem Fahrer zur Verfügung. Durch die Bewertung ist es für den Fahrer aber auch für den Arbitrierer möglich, zu erkennen, welches Manöver das automationspräferierte ist und welche Manöver mit einer geringeren Präferenz durchführbar wären.

Methode und Auszug der Ergebnisse

Nach der explorativen Entwicklungsphase wurden 6 Versuchspersonen (VP) (3 Männer, 3 Frauen, 23-50 Jahre alt) eingeladen, um das System in einer mehrstufigen Untersuchung einem ersten Test zu unterziehen. In einem ersten Durchgang trafen die VP ohne Systemwissen auf den Automationsprototypen. Hier wurden zunächst in einer Durchfahrt alle Kollisionssituationen eingespielt und das System insgesamt beurteilt. In einer zweiten, segmentierten Fahrt wurde nach jeder Kollisionssituation ein Fragebogen vorgelegt, um konkret die Systembeurteilung für diese eine Situation zu erfassen. Interessierende Variablen dabei waren empfundene Nützlichkeit, empfundene Sicherheit, Kontrollierbarkeit, Kontrollverteilung etc. In einer abschlie-

ßenden Fahrt mit vorher durch Training vermitteltem Systemwissen wurde das System nochmals beurteilt.

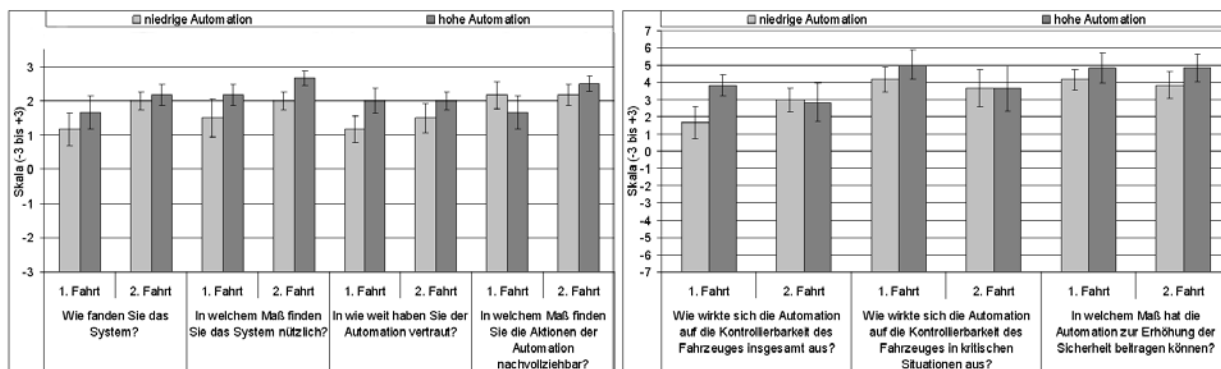


Abb.2: Subjektive Bewertung des Systems nach Erstkontakt und Training

Insgesamt zeigte sich, dass VP die Systeme in der Gesamtbeurteilung durchweg, sowohl nach Erstkontakt und noch ausgeprägter nach einem Training, positiv bezüglich Gefallen, Nützlichkeit und Nachvollziehbarkeit beurteilten, und zwar je höher die Automationsunterstützung desto positiver die Bewertung. Ebenso führten die Systeme zu einer Verbesserung der subjektiv eingeschätzten Kontrollierbarkeit der Kollisionssituationen (Abb.2). In der Einzelsituationsbetrachtung fiel besonders in den Situationen mit niedriger aber auch mit mittlerer Kritikalität auf, dass VP, trotz Ablenkung durch Zweitaufgabenbearbeitung, die kritische Situation durch einen selbständigen Eingriff auflösten bevor die Eskalationsstrategie begann (14 von 18 Situationen). Die Interaktion beinhaltete einen Doubletick (Abb.1) als Automationshinweis, dass ein Spurwechsel sinnvoll ist. Dieser wurde bereits im Erstkontakt in 5 von 12 Situationen erkannt und darunter auch mit der richtigen Bedeutung assoziiert. Von keiner VP wurde der Doubletick als störend empfunden. Als verbesserbar stellte sich eine mit zunehmender Kritikalität ansteigende Gegenkraft auf dem Gaspedal heraus, die von einigen VP nicht konsistent erkannt wurde. Hier muss noch geklärt werden, wie solche haptischen Informationen zuverlässig kommuniziert werden können.

Ausblick

Insgesamt wurde das Design gut akzeptiert, jedoch konnte für die Interaktion auch Verbesserungspotential identifiziert werden. So sollte z.B. die Darbietung von Gegenkräften auf dem Gaspedal weiter verbessert werden. Da die Identifizierbarkeit selbständiger Teil- und Vollbremsungen durch eine Automation in einem statischen Simulator deutlich vermindert ist, werden weitere Untersuchungen in einem dynamischen Fahrsimulator und im Realfahrzeug folgen. Ebenfalls werden in folgenden Explorationen die Transitionen zwischen verschiedenen Assistenz- bzw. Automationsgraden, der Grad der haptischen Rückmeldung an den Fahrer und die Einflussmöglichkeit des Fahrers auf Automationsmanöver gestaltet und experimentell untersucht.

Literatur

Flemisch, F., Adams, C., Conway, S., Goodrich, K., Palmer, M., Schutte, P (2003/1): *The H-Metaphor as a Guideline for Vehicle Automation and Interaction*. NASA, TM-2003-212672.

Hoeger, R.; Amditis A. , Kunert M.; Hoess, A.; Flemisch, F.; Krueger, H.-P.; Bartels, A. (2008); Beutner, A.: *Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport: HAVEit Approach*; ITS World Congress, NY, USA.

- Flemisch, F.O. (2003/2): *Was kommt nach User Centered Design? (Skizze auf der Suche nach Leitmotiven für das Entwerfen und Gestalten)*; 5. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine Systeme "Entwerfen und Gestalten"; ZMMS Berlin.
- Flemisch, F. O., J. Schindler, et al. (2008): *Some Bridging Methods towards a Balanced Design of Human-Machine Systems, Applied to Highly Automated Vehicles*. Applied Ergonomics International Conference, Las Vegas.
- Kelsch, J., F. Flemisch, et al. (2006): *Links oder rechts, schneller oder langsamer? Grundlegende Fragestellungen beim Cognitive Systems Engineering von hochautomatisierter Fahrzeugführung*. DGLR Fachauschusssitzung Anthropotechnik, Karlsruhe.
- Löper, C.; Kelsch, J.; Flemisch, F. (2008): *Kooperative, manöverbasierte Automation und Arbitrierung als Bausteine für hochautomatisiertes Fahren*. In: Gesamtzentrum für Verkehr Braunschweig e.V. (Hg.): AAET 2008 - Automatisierungssysteme, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Transportmittel. 9. Braunschweiger Symposium. Braunschweig: GZVB, S. 215–237.