

# Das Head-Up Display im Fahrzeug – Potenzial zukünftiger Nutzung

Natasa MILICIC<sup>1</sup>, Markus ABLAßMEIER<sup>2</sup> und Klaus BENGLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*BMW Forschung und Technik, Connected Drive – HMI,  
Hanauerstr. 46, D-80992 München*

<sup>2</sup>*Lehrstuhl Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München  
Arcisstr. 21, D-80333 München*

**Kurzfassung:** Die Interaktion mit Menüstrukturen im Head-Up Display (HUD) mit der in Head-Down Displays (HDD) während der Fahrt experimentell verglichen. Ziel der Untersuchung ist die Erfassung der dabei entstehenden kognitiven Beanspruchung sowie das Aufzeigen spezifischer Vor- bzw. Nachteile einer Interaktion im HUD.

**Schlüsselwörter:** Menüstrukturen, Head-Up Display, kognitive Beanspruchung.

## 1. Einsatz von HUD im Automobil

Während das HUD im Flugzeug schon seit geraumer Zeit eingesetzt wird, werden die Vorteile von Head-Up Displays (HUD) in Fahrzeugen seit den 80-er im automobilen Kontext ausgeschöpft.

Die Vorteile dieser innovativen Anzeigetechnologie – vor allem die erleichterte Aufnahme fahrrelevanter Informationen – wurden sehr intensiv erforscht (*Bubb 1975*). Dabei stand stets die ausschließliche Nutzung für Informationen bezüglich der primären Fahraufgabe im Vordergrund (*Bubb & Bolte 1992*). Die Nutzung des HUDs für Interaktionen ist dagegen ein noch weitgehend unerforschtes Gebiet.

Durch die geringere Blickabwendung vom Straßengeschehen tragen HUDs zur Verkehrssicherheit bei. Mehrere Studien (*Kiefer 1998, Kiefer 2000, Horrey, W. J. & Wickens 2002*) zeigten, dass der Ablesevorgang gegenüber Anzeigen innerhalb des Fahrzeugs (HDD) kürzer ist. Weiterhin offenbarten sich im Vergleich HUD vs. HDD bei reiner Präsentation von Informationen keine negativen Einflüsse auf das Fahrverhalten durch das HUD (*Horrey, W. J. & Wickens 2002*).

Die reduzierte Blickabwendung geht jedoch mit dem potenziellen Risiko einer unbewussten Ablenkung des Fahrers vom Fahrgeschehen einher. Dieser Effekt wird als „Cognitive Capture“ bezeichnet und wird unter anderem in Untersuchungen von *Gish & Staplin (1995)* als das Hauptproblem im Zusammenhang mit dem HUD genannt. Durch geeignete Darstellung der angezeigten Inhalte kann der Effekt vermieden werden.

Nahezu alle Fahrzeughersteller entwickelten in den letzten Jahren Menüstrukturen, um die Benutzung von Infotainmentfunktionen (Navigation, Radio etc.) besser ins Fahrzeug integrieren zu können. Diese werden häufig in zentralen Displays (Central Information Display, CID) z.B. in der Mittelkonsole dargestellt, jedoch nicht im HUD, in dem nur ausgewählte Anzeigen zu finden sind. Wird die Interaktion mit einem Menü ins HUD verlagert, muss geprüft werden, ob die zwangsläufig größere Informationsmenge und die Interaktion sicherheitskritische Beanspruchungen beim Fahrer verursachen können.

## 2. Methodisches Vorgehen

Im Rahmen der Kooperation Car@TUM wird die kognitive Ablenkung während der Menübedienung im HUD und der Zusammenhang zwischen Ablenkung und angezeigter Informationsmenge erforscht. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde ein Fahrsimulationsexperiment konzipiert, in dem 28 Fahrer (17 m / 11 w) aus drei Altersgruppen (19-63 Jahre,  $\bar{\varnothing}$  41.25) unterschiedliche Zweitaufgaben während einer 90-minütigen Fahrt im Fahrsimulator am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation der TU München durchführten.

Als Fahraufgabe diente der Lane Change Task Mattes (2003).



**Abbildung 1:** LCT-Fahraufgabe, HUD und PDT-Punkte (fünf Positionen im Bereich von  $0^\circ$  und  $\pm 23^\circ$  des Sehfeldes)

Mit Hilfe einer Peripheral Detection Task (PDT) soll das Ablenkungspotenzial von Zweitaufgaben während der Fahrt gemessen werden. Deren Sensitivität wurde bereits von M.H. Martens & W. van Winsum (2002) und Rösler (2003) im Simulator wie auch im Feld bestätigt. Zusätzlich zur primären Fahraufgabe und Zweitaufgabe (Ablezen der Anzeigen im HUD) war von den Versuchspersonen eine PDT zu bearbeiten. Rote Kreise mit einem Durchmesser von  $0,7^\circ$  des Seh winkels wurden im gesamten Sichtfeld des Fahrers zwei Sekunden lang eingeblendet. In dieser Zeitspanne mussten die Reize erkannt und bestätigt werden. Das Interstimulusintervall variierte gleichverteilt zwischen drei und sechs Sekunden. Die PDT-Leistung der Versuchspersonen wurde mit Hilfe der Reaktionszeit und der Hitrate (d.h. Prozentanzahl erkannter Punkte) gemessen. Die Zeitverzögerung bzw. das Ausbleiben der Bestätigung dient als Maß für die kognitive und visuelle Beanspruchung. Ferner kam ein Blickbewegungs-Messsystem zum Einsatz, mit dessen Hilfe Blickdauer und -anzahl auf die definierten Bereiche HUD und CID aufgezeichnet wurden.

Um die Interaktion mit Informationen untersuchen zu können, wurde für das HUD ein einfaches Menü entwickelt. Es wurde  $10^\circ$  rechts vom fovealen Blickfeld positioniert. (Abb. 1). Im CID wurde dasselbe Menü verwendet, um die Vergleichbarkeit der beiden Anzeigeorte zu gewährleisten. Die Interaktion erfolgte in beiden Fällen durch eine Kreuzwippe am Lenkrad.

Im ersten Experiment lag der Fokus auf dem Vergleich der Leistung in der Menübedienung in den zwei Anzeigeorten (HUD und CID). Sechs Aufgaben aus den meist genutzten Funktionen im Fahrzeug (Werteinstellungen, Auswahl aus Listen und Zieleingaben) waren in drei Schwierigkeitsstufen zu bearbeiten.

Der zweite Experimententeil galt der Untersuchung des Einflusses von eingeblendeten HUD-Anzeigen auf die primäre Fahrleistung. Den Probanden wurden vier HUD-Abbildungen mit voller Anzeigemenge (durchschnittlich 14 Icons) sowie vier mit weniger Inhalt (durchschnittlich 6,2 Icons) für jeweils 40 Sekunden eingeblendet, aus den sie wiederholt Informationen ablesen mussten.

Folgende Variablen wurden in den beiden Experimente erfasst:

**Tabelle 1: erfasste Variablen**

Versuchsteil	Unabhängige Variable	abhängige Variablen
Abschnitt 1: Interaktion im HUD und CID	Anzeigeort (HUD, CID)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bediendauer; Bedienschritte;</li> <li>• laterale Spurabweichung</li> <li>• Blickanzahl; Einzelblickdauer; Gesamtblickdauer</li> </ul>
Abschnitt 2: Anzeigemenge	Anzeigemenge (keine/mittel/voll)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl PDT-Punkte; Reaktionszeit</li> <li>• Spurabweichung</li> </ul>

Für den ersten Abschnitt erhielten die Versuchspersonen nach dem Ausfüllen eines Fragebogens eine Einführung in das Anzeige- und Bedienkonzept im Stand und mussten anschließend eine Baseline-Fahrt absolvieren. In den folgenden zwei Versuchsfahrten wurden sechs Aufgaben gestellt, die abwechselnd im HUD bzw. CID durchgeführt werden mussten; Mit Hilfe eines Fragebogens (u.a. semantisches Differential) wurden die Anzeigeorte auf Akzeptanz und Gesamteindruck überprüft und abschließend u.a. die präferierte Variante abgefragt.

Im zweiten Abschnitt führten die Probanden den LCT durch und bestätigten die PDT- Punkte. Hier wurden nach einer Baseline-Fahrt HUD-Abbildungen mit wenigen und vielen grafischen Elementen eingeblendet, die abgelesen werden sollten.

### 3. Ergebnisse

Experiment 1: Die gestellten Aufgaben konnten im HUD signifikant schneller gelöst werden. Vor allem bei kognitiv beanspruchenden Aufgaben war dieser Unterschied am deutlichsten. Dieser zeigte sich tendenziell in allen drei Aufgabenkategorien (Abb. 2) und wird für Aufgaben mittleren und hohen Schwierigkeitsgrades signifikant ( $p < 0,046$ ) und ( $p < 0,011$ ). Der größte durchschnittliche Vorteil von vier Sekunden zeigte sich bei kognitiv schwierigen Aufgaben. Für Letztere brauchten die Versuchspersonen im HUD signifikant weniger Bedienschritte, was auf einen geringeren Aufwand und reduzierte Fehleranzahl hinweist. (Abb.3)

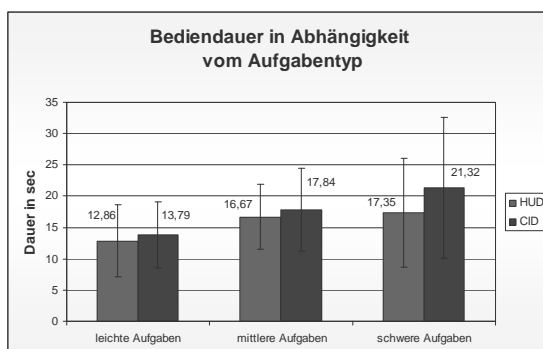


Abbildung 2: Bediendauer abhängig von der Aufgabenschwierigkeit

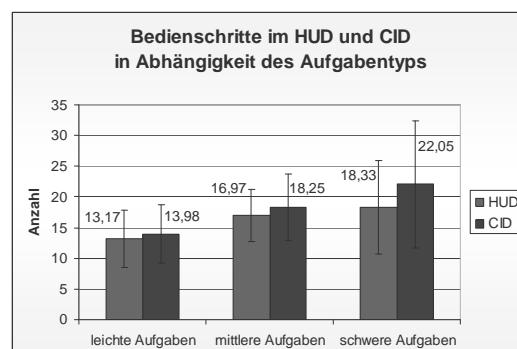


Abbildung 3: Anzahl der Bedienschritte abhängig von Aufgabenschwierigkeit

In der Spurhaltung (MDEV Wert im LCT) konnte kein Unterschied zwischen den beiden Anzeigeorten festgestellt werden. Die Qualität der Spurhaltung stieg mit der Schwierigkeit der Aufgabe, die Unterschiede zwischen HUD und CID wurden nicht signifikant.

Bei schweren Aufgaben blickten die Fahrer seltener, aber dafür länger auf das HUD – ein Grund für die schnellere Bearbeitung in dieser Versuchsbedingung. Subjektiv bevorzugten nahezu alle Versuchspersonen das HUD.

Experiment 2: Die Anzahl der nicht erkannten PDT-Punkte steigt mit dem Alter Reaktionszeit und Spurabweichung zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen. Selbst bei über 50-jährigen konnte kein Ansatz zu „Perceptual Tunnelling“ festgestellt werden. Damit können die Ergebnisse von Recarte und Nunes (2000 und 2003) bestätigt werden. Die kognitive Beanspruchung zeigt sich in der Verschlechterung der PDT-Performance, aber es zeigt sich keine Beeinträchtigung der visuellen Wahrnehmung abhängig von der Darbietungsposition.

Bei der kognitiven Belastung durch Darstellungen im HUD konnte kein Unterschied zwischen den eingeblendeten Informationsmengen gemessen werden – selbst bei zahlreichen Anzeigen zeigte sich kein Einfluss auf die Anzahl übersehener PDT-Reize, die Reaktionszeit oder die Güte der Spurhaltung.

#### **4. Zusammenfassung**

Durch die vorliegende Untersuchung konnte das Potenzial des Head-Up Displays auch für Interaktionen und Menüstrukturen gezeigt werden. Dies zeigt sich sowohl in der hohen Präferenz der Probanden als auch objektiv in schnellerer Aufgabenbearbeitung. Negative kognitive Seiteneffekte konnten in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden.

#### **5. Literatur**

1. Bubb H. 1975, Untersuchung über die Anzeige des Bremsweges im Fahrzeug. Dissertation TU München.
2. Bubb H.& Bolte U. 1992, Head-Up Display im Kraftfahrzeug – eine Literaturrecherche; Professur für Arbeitswissenschaft Katholische Universität Eichstätt.
3. Gish, K.W. & Staplin, L. 1995, Human Factors Aspects of Using Head Up Displays in Automobiles: A Review of the Literature. (Report No. DOT HS 808 320). Washington: U.S. Department of Transportation.
4. Horrey, W. J. & Wickens, C. D. 2002, Driving and Side Task Performance: The Effects of Display Clutter, Separation, and Modality. Report AHFD-02-13/GM-02-2. University of Illinois, Aviation Human Factors Division.
5. Kiefer, R.J. 2000, Older Drivers' Pedestrian Detection Times Surrounding Head-Up Versus Head-Down Speedometer Glances. In A.G. Gale et al. (Eds.), Vision in Vehicles - VII (S. 111-118). Amsterdam: Elsevier.
6. Kiefer, R.J. 1998, Defining the "HUD Benefit Time Window". In A.G. Gale et al. (Eds.), Vision in Vehicles - VI (S. 133-142). Amsterdam: Elsevier.
7. Martens, M. H. und van Winsum, W. 2000, Measuring distraction: The Peripheral Detection Task. Netherlands: TNO Human Factors.
8. Mattes, S. (2003). The Lane Change Task as a Tool for driver Distraction Evaluation. In H. Strasser, H. Rausch & H. Bubb (Eds.), Quality of Work and Products in Enterprises of the Future. Stuttgart: Ergonomia Verlag.
9. Recarte, M. A., & Nunes, L. M. 2000, Effects of verbal and spatialimagery task on eye fixations while driving. In: Journal of Experimental Psychology: Nr.6, S. 31–43.
10. Recarte, M. A.,& Nunes, L. M. 2003, Mental Workload While Driving: Effects on Visual Search, Discrimination, and Decision Making. In: Journal of Experimental Psychology, Vol. 9, Nr. 2, S. 119–137.
11. Rösler, D. 2003, Evaluation der Okklusionsmethode und der Peripheral Detection Task. Technische Universität Chemnitz, Diplomarbeit.