

Haptischer Schaltpunkthinweis am aktiven Gaspedal: Realversuche zur Parametrisierung, Variantenauswahl und zur Bestimmung des Potentials zur Verbrauchsreduzierung

Autoren:

- Christian Lange (089-289-15428, lange@lfe.mw.tum.de, Dr.-Ing.)
(Lehrstuhl für Ergonomie, Fakultät für Maschinenwesen, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching)
- Gregor Schmitt (0911-9526-3095, gregor.schmitt@contiautomotive.com, Dipl.-Ing.)
(Continental Engineering Services GmbH, Nordostpark 30, 90411 Nürnberg)
- Andreas Zell (0911-9526-3095, andreas.zell@contiautomotive.com; Dr.-Ing.)
- Antonio Arcati (0941-790-7795, antonio.arcati@continental-corporation.com, Dipl.-Ing.)
(Continental Automotive GmbH, Siemensstraße 12, 93055 Regensburg)
- Heiner Bubb (089-289-15388, bubb@lfe.mw.tum.de, Univ.-Prof. Dr. rer.nat.)
(Lehrstuhl für Ergonomie, Fakultät für Maschinenwesen, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching)
- Klaus Bengler (089-289-15400, bengler@lfe.mw.tum.de, Univ.-Prof. Dr. phil.)
(Lehrstuhl für Ergonomie, Fakultät für Maschinenwesen, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching)

Titel in Englisch: Haptic gear shifting indicator: Naturalistic driving study for parametrization, selection of variants and to determine the potential for fuel consumption reduction

Kurzfassung: Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Parametrierung einer haptischen Schaltpunktanzeige sowie mit der Bestimmung des Potentials zur Verbrauchsreduzierung durch diesen diskreten haptischen Schaltpunkthinweis am aktiven Gaspedal. Bei dieser Form der Schaltpunktanzeige wird dem Fahrer mittels einer haptischen Ausgabe am aktiven Gaspedal mitgeteilt, wann er nach oben bzw. nach unten schalten soll. Die Arbeit untergliedert sich dabei in zwei Schritte. Im ersten Schritt wird durch einen Vorversuch aus 8 möglichen haptischen Schaltpunktanzeigen die intuitivste und am besten gefallende ausgewählt. Im zweiten Schritt wird im Rahmen des Hauptversuches diese Variante dann hinsichtlich ihres Potentials zur Verbrauchsreduzierung näher untersucht.

Schlüsselwörter: Fahrerassistenz, Aktives Gaspedal, Fahrerakzeptanz, Ökologie

1. Einleitung

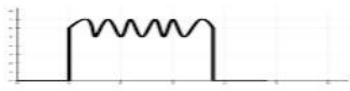
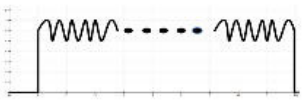
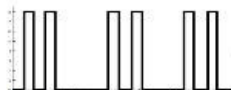



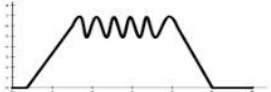
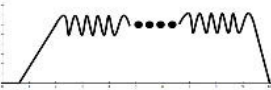
Neben der Erhöhung der aktiven Sicherheit sollten zukünftige Fahrerassistenzsysteme auch in der Lage sein den Fahrer bei einer kraftstoffsparenden Fahrweise zu unterstützen und somit den CO₂ Ausstoß nachhaltig zu reduzieren.

Die vorliegende Arbeit stellt das Konzept des diskreten Schaltpunkthinweises am aktiven Gaspedals vor und weißt den positiven Einfluss dieser Assistenz auf das Fahrerverhalten und den Kraftstoffverbrauch nach.

2. Vorversuch

Der Vorversuch dient zur Bestimmung der Intuitivität und des Gefallens von 8 verschiedenen haptischen Schaltpunktanzeigen. Diese 8 Varianten zur Signalisierung eines Gangwechsels sind in der nachstehenden Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die 8 haptischen Schaltpunktanzeigen im Vorversuch

Vibration für 2s	
Dauervibration	
Doppelticks 3-fach wiederholt mit einem Abstand von 3s zwischen den Doppelticks	
Dauerhaftes Doppelticken mit einem Abstand von 3s zwischen den Doppelticks	
Gegendruck für 2s	
Dauergegendruck	
Gegendruck mit überlagerter Vibration für 2s	
Dauergegendruck mit überlagerter Vibration	

Diese 8 Varianten werden im Vorfeld der Voruntersuchung mit sechs Experten hinsichtlich der Parameter „Gegenkraft“, „Frequenz“ und „Amplitude“ parametrisiert. Dabei sind die Experten mit einem BMW 530i, der mit dem aktiven Gaspedal ausgestattet war, gefahren. Vom Versuchsleiter wurden „online“ die Parameter so lange angepasst, bis der Experte mit der Parametrierung zufrieden war. Als Parametrierung für die Variantenauswahl wurde der Mittelwert über die Gesamtheit

der Expertenparameter verwendet.

Für den Vorversuch, der ebenso mit dem BMW 530i mit dem darin verbauten aktiven Gaspedal gefahren wird, stehen die vorab aufgeführten 8 Varianten zur Auswahl. Der Versuchsleiter kann mittels einer Steuersoftware zwischen den Versuchsvarianten umschalten, wodurch sich entsprechend das Verhalten des aktiven Gaspedals ändert.

Im Rahmen des Vorversuches werden die 8 verschiedenen Varianten von 12 Probanden bewertet, die jede der Varianten für ca. 15 Minuten erfahren. Nach den jeweils 15 Minuten Fahrt beurteilen die Probanden die verschiedenen Varianten auf einem Fragebogen hinsichtlich des Gefallens- und Akzeptanzaspektes sowie bzgl. ihrer Eignung für einen Schaltpunkthinweis. Es zeigt sich, dass das „Doppelticken“ in beiden Ausprägungen die mit Abstand besten Werte erzielt. Danach folgen mit großem Abstand die Vibration (2s und dauerhaft), der Gegendruck (2s und dauerhaft) und die Kombination aus Gegendruck und Vibration (2s und dauerhaft). Das Doppelticken ist somit die Variante, die im Hauptversuch näher untersucht wird.

3. Hauptversuch

Im Rahmen des Hauptversuches zur Bestimmung des Einflusses der haptischen Schaltpunktanzeige wurden in einem Realversuch drei unterschiedliche Versuchsbedingungen miteinander verglichen. Die Variante „Referenzbedingung“ stellt dabei das ganz normale Fahren ohne Schaltpunktassistenten dar. Bei der Versuchsbedingung „optische Schaltpunktanzeige“ wird dem Fahrer über eine Anzeige im Kombiinstrument signalisiert, wenn er den Gang wechseln soll. Diese Anzeige beinhaltet als Information die Richtung des Gangwechsels, Hoch- oder Runterschalten, sowie den Zielgang und entspricht dem Serienstand eines BMW E60. Bei der „optischen und haptischen Schaltpunktanzeige“ wird dem Fahrer zusätzlich zur optischen Ausgabe über das im Vorversuch als sehr intuitiv und am besten gefallende bewertete Doppelticken über einen nötigen Gangwechsel informiert. Die nachstehende Abbildung zeigt die drei im Experiment untersuchten Varianten.

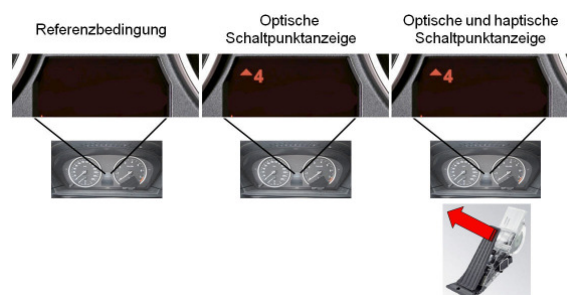


Abbildung 1: Die drei Versuchsbedingungen „Referenzbedingung“, „optische Schaltpunktanzeige“ sowie „optische und haptische Schaltpunktanzeige“

Diese drei Varianten werden im Rahmen eines Realversuches mit 24 Probanden miteinander verglichen. Als Versuchsfahrzeug kommt wiederum der BMW 530i zum Einsatz. Das Versuchsfahrzeug ist so aufgebaut, dass der Versuchsleiter mittels einer Steuersoftware zwischen den drei Versuchsvarianten umschalten kann. Zudem werden über die Steuersoftware sämtliche relevanten Fahrdynamikdaten wie beispielsweise der Momentanverbrauch, der aktuelle Gang, die Fahrgeschwindigkeit usw. aufgezeichnet. Die Probanden fahren während des Versuchs dreimal die

gleiche ca. einstündige Strecke, die sich aus Autobahn-, Landstraßen- und Stadtstreckenanteilen zusammensetzt. Während der drei Fahrten erleben sie die drei verschiedenen Versuchsbedingungen.

Die Auswertung der Messdaten zeigt, wie in Abbildung 2 zu sehen ist, einen sehr positiven Einfluss der „optischen und haptischen“ Schaltpunktanzeige auf den mittleren Kraftstoffverbrauch pro 100km und kann diesen im Vergleich zur Referenzbedingung zur rein optischen Schaltpunktanzeige signifikant um ca. 8% von 8,81 l/100km auf 8,13 l/100km reduzieren. Die bedeutet eine Verringerung des CO₂ Ausstoßes von 15,8 g/km. Dagegen hat die alleinige optische Schaltpunktanzeige keinen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch der Versuchspersonen.



Abbildung 2: Mittlerer Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

Mittels einer detaillierten Analyse der aufgenommenen Messdaten lässt sich erklären, wie es zu dieser Kraftstoffersparnis kommt. Im Vergleich zur Referenzbedingung und zum Fahren mit der optischen Schaltpunktanzeige kann das Fahrverhalten der Probanden durch den haptischen Schaltpunkthinweis positiv beeinflusst werden.

Wie in Abbildung 3 gezeigt, befolgen die Probanden den Hinweis am aktiven Gaspedal zum Hochschalten zu fast 93% und den zum Runterschalten immerhin noch in 57% der Fälle. Somit ergibt sich für das Gesamtschaltverhalten eine Befolgung der Schaltpunktanzeige von über 83%. Der Prozentwert der Befolgung bei der Referenzbedingung im Gesamtschaltverhalten ist mit insgesamt 38,58% signifikant geringer. An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass bei der Referenzbedingung, bei der die Probanden weder einen optischen noch einen haptischen Hinweise zum Schalten bekommen haben, mitgeloggt wurde, zu welchem Zeitpunkt der Schaltpunktalgorithmus einen Schaltpunkthinweise gegeben hätte. Hat der Proband 1s davor oder innerhalb von 10s nach diesem internen Signal geschaltet, wurde der Schaltpunkthinweis „als befolgt“ bewertet. Betrachtet man die optische Schaltpunktanzeige, so hat diese im Vergleich zur Referenzbedingung keinerlei signifikanten Einfluss auf das Schaltverhalten.

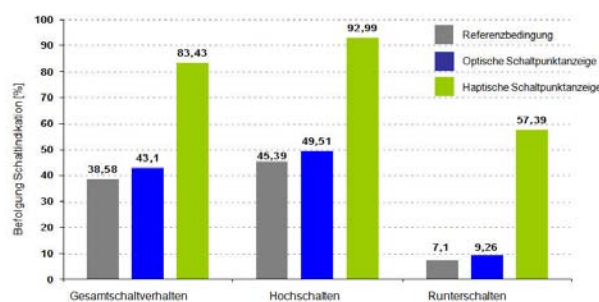


Abbildung 3: Durchschnittliche Befolgung der Schaltpunktindikation in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

Die Befolgung der Schaltpunkthinweise beim Fahren mit der haptischen Schaltpunktanzeige hat, wie in Abbildung 4 gezeigt, einen deutlichen Einfluss auf die Ausnutzung der oberen Gänge. So fahren die Probanden in der Referenzbedingung nur zu 7,59% der Zeit und mit der optischen Schaltpunktanzeige nur zu 15,22% der Zeit im höchsten 6. Gang. Im Vergleich dazu kann dieser Zeitanteil im kraftstoffsparenden 6. Gang auf 37,81% gesteigert werden.

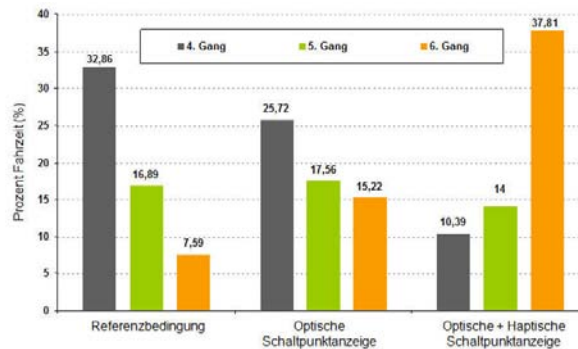


Abbildung 4: Ausnutzung der Gänge 4, 5 und 6 in Abhängigkeit der drei Versuchsbedingungen

Neben den deutlichen Vorteilen bei den objektiv erfassten Messwerten zeigt sich auch ein signifikanter Erfolg der haptischen Schaltpunktanzeige bei der subjektiven Gefallensbewertung (siehe hierfür Hassenzahl). Demnach wird die haptische Schaltpunktanzeige im Vergleich zur optischen Indikation als signifikant komfortabler, praktischer, attraktiver, sportlicher, motivierender, einfacher und eleganter empfunden.

Das vorliegende Experiment zeigt somit den positiven Beitrag, den ein haptischer Schaltpunkthinweise zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und zur Akzeptanz beitragen kann. Des Weiteren wird zukünftiges Entwicklungspotential zur Verbesserung des haptischen Schaltpunkthinweises sowie zu weiteren Möglichkeiten zur haptischen Unterstützung am aktiven Gaspedal zur Kraftstoffreduktion aufgezeigt. Ferner kann der Kraftstoffverbrauch durch zusätzliche Maßnahmen am aktiven Gaspedal wie eine konstante haptische Unterstützung bei der Geschwindigkeits- und Abstandshaltung weiter gesenkt (siehe Lange, 2008a; Lange et al. 2008b und Lange et al. 2006).

4. Literatur

1. Hassenzahl M., Burmester M., Koller F. 2003: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: J. Ziegler & G. Szwillus (Eds.), Mensch & Computer 2003. Interaktion in Bewegung (pp. 187-196). Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner.
2. Lange, C. 2008a: Wirkung von Fahrerassistenz auf der Führungsebene in Abhängigkeit der Modalität und des Automatisierungsgrades, Dissertation, Technische Universität München, München 2008.
3. Lange C., Bubb H., Tönnis M., Klinker G. 2008b: Sicherheitspotential und Verbrauchsreduzierung durch ein intelligent geregeltes aktives Gaspedal, In: Tagungsband der 3. Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz, 7./8. April 2008, Garching
4. Lange C., Tönnis M., Bubb H., Klinker G. 2006: Einfluss eines aktiven Gaspedals auf Akzeptanz, Blickverhalten und Fahrperformance, In: Proceedings 22. Internationale VDI/VW Gemeinschaftstagung Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme, Wolfsburg 2006