

Blindbedienung eines Touch-Displays mit und ohne haptische Rückmeldung in der Fahrzeuganwendung

Ercan TUNCA¹, Thomas HÄRDER¹, Ludger SCHMIDT²,
Thomas VÖHRINGER-KUHNT¹ und Dominik VIRANT¹

¹ Instrumentation & Driver HMI, Continental Automotive GmbH
VDO Straße 1, D-64832 Babenhausen

² Fachgebiet Mensch-Maschine-Systemtechnik,
Universität Kassel, Mönchebergstraße 7, D-34125 Kassel

Kurzfassung: In einer empirischen Untersuchung mit 26 Probanden wurde die Touch-Interaktion ohne und mit haptischer Rückmeldung auf einem neuen Touch-Display der Firma Continental bei Blindbedienung miteinander verglichen. Die Versuchspersonen bearbeiteten dazu verschiedene Sekundäraufgaben im Fahrsimulator. Insgesamt konnte für alle Funktionselemente ein signifikant positiver Einfluss der haptischen Unterstützung auf die Effektivität, subjektive Beanspruchung und Zufriedenheit bei der Bewältigung der Fahraufgabe mit der Sekundärtätigkeit festgestellt werden. Die Ergebnisse zur Fahrerablenkung und Effizienz zeigten keinen signifikanten Unterschied.

Schlüsselwörter: Touch-Display, Fahrsimulator, haptische Rückmeldung, Blindbedienung

1. Problemstellung und Zielsetzung

Touch-Displays sind in der aktuellen Fahrzeuganwendung nicht mehr wegzudenken. Die Art und Weise der Interaktion ist häufig von der etablierten Smartphone-Bedienung abgeleitet. Der Umstieg von mechanischen Tasten und Schieberegler soll so für den Anwender weniger aufwendig oder kompliziert sein. Touch-Displays sind aufgrund der individuellen Gestaltungsmöglichkeiten gegenüber den mechanischen Eingabegeräten in der Fahrzeuganwendung vorteilhafter. Jedoch fehlt den konventionellen Touch-Displays im Vergleich zu mechanischen Eingabegeräten die haptische Rückmeldung, um eine Blindbedienung zu ermöglichen. Die Firma Continental hat zu diesem Zweck ein haptisches Touch-Display (Abbildung 1) entwickelt, das die Vorteile beider Eingabekonzepte vereint. Das Touch-Display ist mit einem elektromechanischen Aktuator versehen, welcher virtuelle Kanten von Buttons, die auf dem Display dargestellt werden, bei den Funktionsübergängen erfühlen lässt. Zusätzlich wird über eine integrierte Wegmessung eine haptische Bestätigungsrückmeldung ausgelöst. Die Displaygröße und damit auch die Bedienfläche beträgt ca. 172 mm x 102 mm. Die Notwendigkeit einer Blindbedienung ist aufgrund des Ablenkungspotentials bei einer Sekundärtätigkeit mit visueller Blickzuwendung zum Display in der Mittelkonsole gegeben (Vollrath et al. 2014). Erste Untersuchungen mit einem haptischen Touchpad lieferten bereits signifikante Verbesserungen bei der Fahrerablenkung und Effizienz (Domhardt et al. 2013) durch die künstlich generierte haptische Rückmeldung.

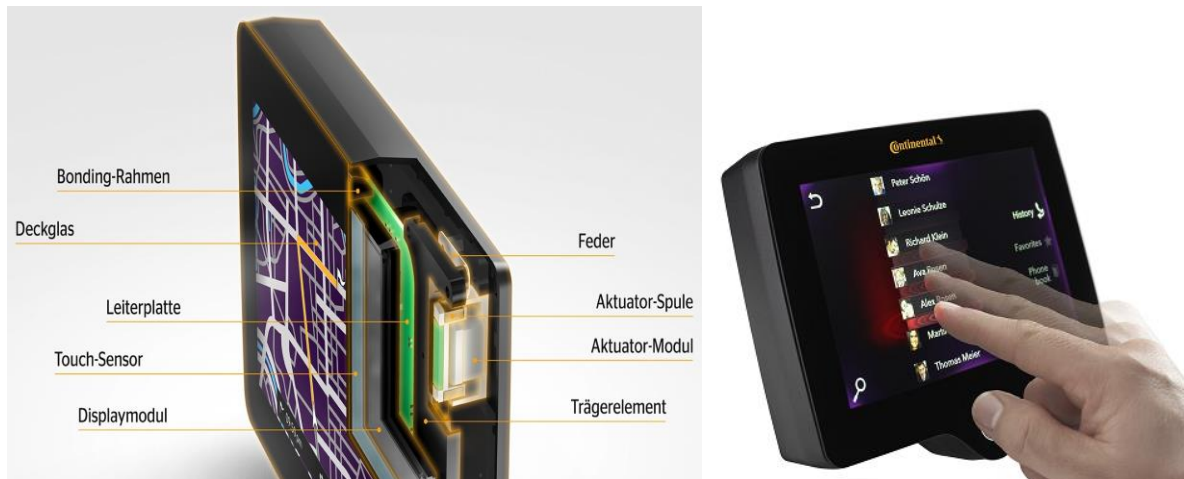


Abbildung 1: Haptisches Touch-Display der Firma Continental (Aufbau der Komponenten links und Interaktion in einem Listenmenü rechts).

2. Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Im Versuchsaufbau (Abbildung 2) wurden ein Fahrzeug-Mockup mit Fahrersitz, ein Lenkrad und das Touch-Display in der Mittelkonsole verwendet.

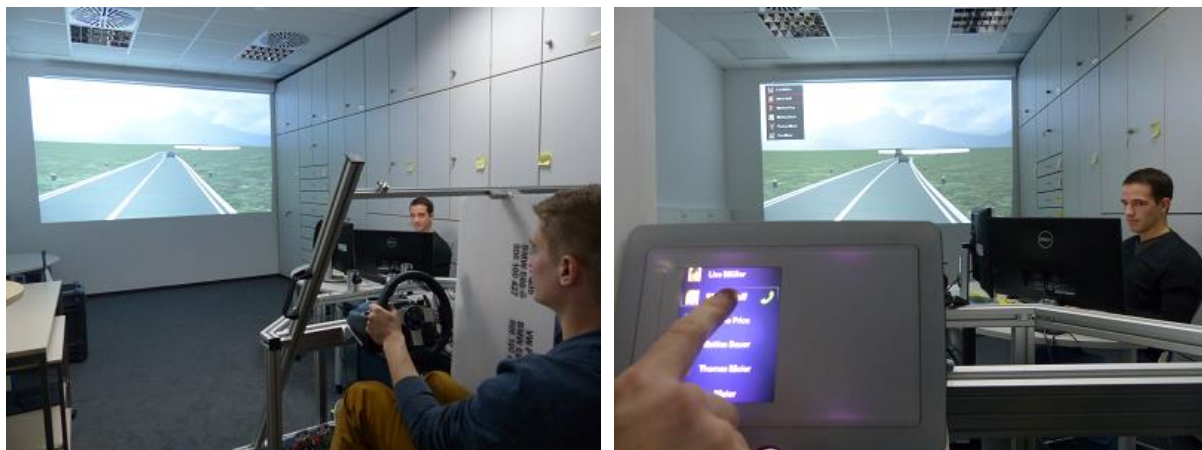


Abbildung 2: Versuchsaufbau im Labor

Als Fahrsimulator-Software wurde mittels eines Beamers OpenDS (Math et al. 2013) eingesetzt, welche zur Untersuchung von Interaktionsaufgaben geeignet erschien (Streng et al. 2016). Für die simulierte Fahrstrecke wurde ein Landstraßenabschnitt mit vorfahrendem und entgegenkommendem Verkehr verwendet, um eine Situation nachzuempfinden, die gemäß Unfallstatistik (Statistisches Bundesamt 2015) in Deutschland zu den häufigsten Unfällen mit Todesfolge führt. Der Landstraßenabschnitt wurde mit einer konstanten Fahrgeschwindigkeit von 70 km/h befahren, so dass die Probanden für die primäre Tätigkeit nur die Lenkaufgabe durchführen mussten. Eine Fahrt dauerte ca. 45 Sekunden. Um die Blindbedienung zu untersuchen, wurde im Fahrsimulator ein Sichtschutz zum Touch-Display installiert. Die durchzuführende Sekundäraufgabe wurde immer an derselben Stelle im Streckenabschnitt im oberen linken Bildschirmrand eingblendet (Abbildung 3).



Abbildung 3: Fahrstrecke in OpenDS mit eingeblendeter Sekundäraufgabe.

Zur Bearbeitung der Sekundäraufgaben sollte in vier verschiedenen Bereichen eine rot umrandete Funktion ausgewählt werden (Abbildung 4). Diese Bereiche umfassten ein Hauptmenü mit vier Funktionselementen, ein Untermenü mit sechs Funktionselementen, eine vorgefilterte Liste mit sechs Funktionselementen und einen Ziffernblock mit zwölf Funktionselementen. Das Hauptmenü entspricht in der Größe der maximalen Bedienfläche des Touch-Displays. Die Größenverhältnisse zwischen den vier Bereichen sind in Abbildung 4 dargestellt. Bei den drei kleineren Bereichen wurden auf dem Touch-Display Schablonen zum Ertasten der äußeren Begrenzung aufgebracht.

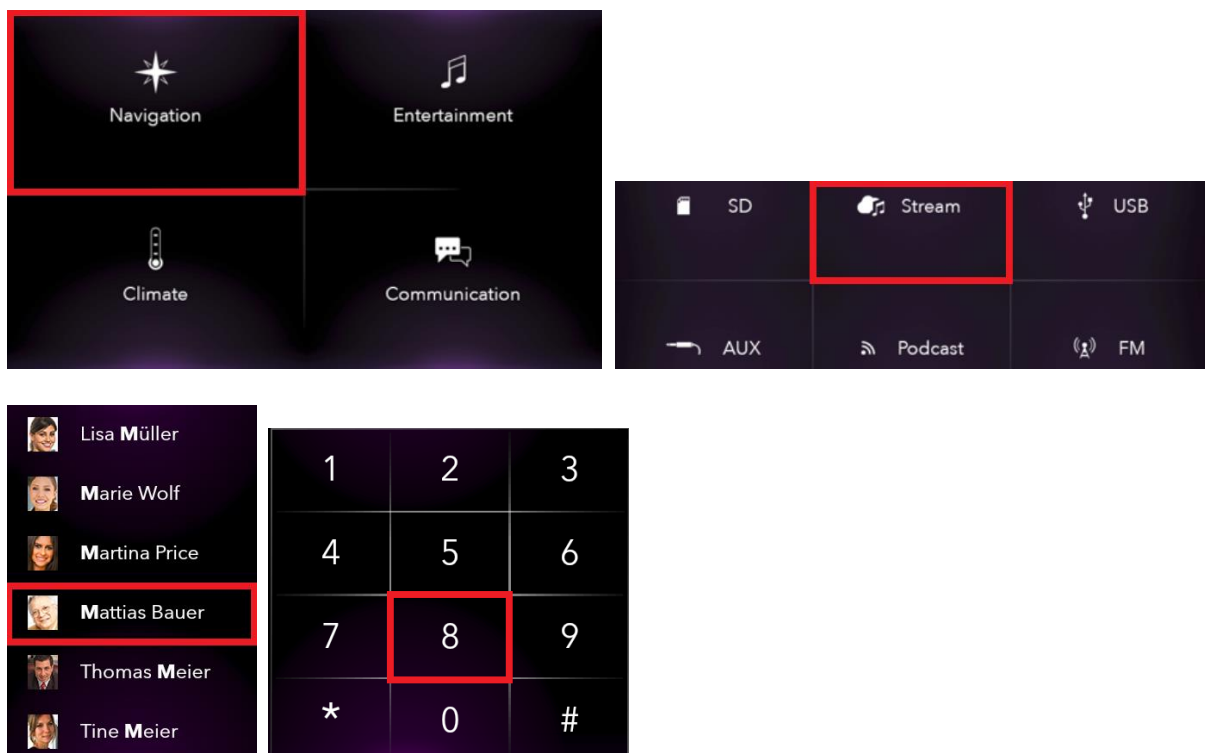


Abbildung 4: Hauptmenü, Untermenü, vorgefilterte Liste und Ziffernblock (von links oben nach rechts unten) jeweils mit exemplarischem auszuwählendem Funktionselement (rot umrandet).

Als unabhängige Variable wurde der Zustand der haptischen Unterstützung (mit/ohne) festgelegt. Als abhängige Variablen wurden das Fahrverhalten, die Effektivität, die Effizienz, die subjektive Beanspruchung und die Zufriedenheit definiert. Das Fahrverhalten wurde anhand der Spurabweichung zur festgelegten

Ideallinie der Fahrstrecke ermittelt. Die Effektivität wurde über die Anzahl der richtigen Eingaben bei der Blindbedienung des Touch-Displays während der Fahraufgabe operationalisiert. Die Effizienz wurde über die benötigte Bedienzeit bei der Blindbedienung des Touch-Displays während der Fahraufgabe gemessen. Die subjektive Beanspruchung wurde nach jeder Fahrt durch eine Skala zur Erfassung der subjektiv erlebten Anstrengung (Eilers et al. 1986) erhoben. Die Zufriedenheit wurde über den QUESI-Fragebogen mit 14 Fragen (Hurtienne & Naumann 2010) festgehalten.

Folgende Arbeits- und Nullhypothesen wurden gebildet:

- H₁ Das Fahrverhalten bei der Blindbedienung mit haptischer Unterstützung ist besser als ohne haptische Unterstützung.
- H₂ Die Effektivität bei der Blindbedienung mit haptischer Unterstützung ist höher als ohne haptische Unterstützung.
- H₃ Die Effizienz bei der Blindbedienung mit haptischer Unterstützung ist besser als ohne haptische Unterstützung.
- H₄ Die subjektive Beanspruchung bei der Blindbedienung mit haptischer Unterstützung ist geringer als ohne haptische Unterstützung.
- H₅ Die Zufriedenstellung bei der Blindbedienung mit haptischer Unterstützung ist besser als ohne haptische Unterstützung.

- H₀₁ Das Fahrverhalten bei der Blindbedienung ist unabhängig von der haptischen Unterstützung.
- H₀₂ Die Effektivität bei der Blindbedienung ist unabhängig von der haptischen Unterstützung.
- H₀₃ Die Effizienz bei der Blindbedienung ist unabhängig von der haptischen Unterstützung.
- H₀₄ Die subjektive Beanspruchung bei der Blindbedienung ist unabhängig von der haptischen Unterstützung.
- H₀₅ Die Zufriedenstellung bei der Blindbedienung ist unabhängig von der haptischen Unterstützung.

Nach Begrüßung der Versuchsperson wurde eine schriftliche Erläuterung zum Versuchsablauf mit einer Anonymitätserklärung ausgehändigt. Vor Versuchsbeginn wurden mittels Fragebogen demografische Daten und Vorerfahrung mit Fahrzeug-Eingabegeräten erfasst. Zu Versuchsbeginn wurde zweimal mit dem Fahrsimulator die Baseline-Fahrt ohne Sekundärtätigkeit durchgeführt. Nach jeder Baseline-Fahrt wurde die subjektive Beanspruchung abgefragt und über einen Fragebogen die Fahrstrecke und das Fahrgefühl durch die Versuchsperson bewertet. Es folgte die Blindbedienung des Touch-Displays ohne Fahraufgabe in zwei randomisierten Durchgängen mit/ohne haptische Unterstützung für alle vier Bereiche, um Lerneffekte berücksichtigen zu können. Direkt im Anschluss wurde die Blindbedienung mit paralleler Fahraufgabe ebenfalls zweimal randomisiert mit und ohne haptische Unterstützung für alle vier Bereiche durchgeführt. Nach jeder Fahrt wurde wieder die subjektive Beanspruchung erfasst. Im Anschluss zur Fahraufgabe mit Sekundärtätigkeit wurde über den QUESI-Fragebogen die Zufriedenheit mit der jeweiligen Interaktionsvariante festgehalten.

3. Versuchsergebnisse

Die Stichprobe bestand aus 17 männlichen und 9 weiblichen Probanden. Das Durchschnittsalter lag bei 38,8 Jahren (Standardabweichung: 16,7 Jahre). Die Fahrpraxis der Stichprobe beträgt im Mittel 20 Tkm pro Jahr (Standardabweichung: 9 Tkm pro Jahr). Die Versuchsergebnisse sind in der nachfolgenden Abbildung 5 dargestellt.

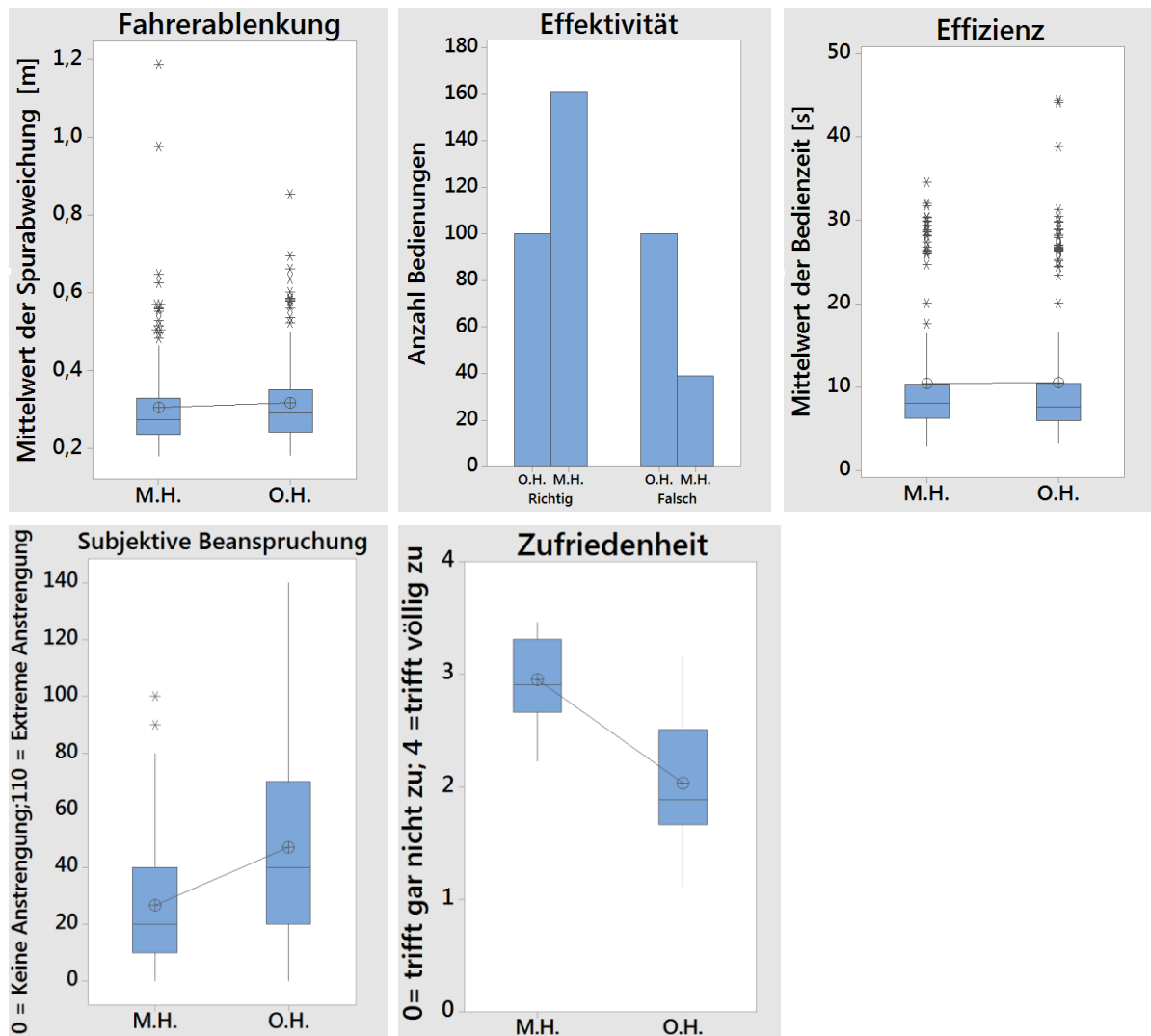


Abbildung 5: Versuchsergebnisse für Fahrerverhalten, Effektivität, Effizienz, subjektive Beanspruchung und Zufriedenheit (von oben links nach unten rechts); M.H. = Mit Haptik, O.H. = Ohne Haptik.

Die Eingabevarianten mit und ohne haptische Unterstützung zeigten keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf das Fahrverhalten ($F = 1,06$; $p = 0,304$, Abbildung 5 oben links). Die Hypothese H_{01} wird daher beibehalten und H_1 verworfen. Bezüglich der Effektivität wurde ohne Unterstützung eine Fehlerquote von 50 %, mit Unterstützung von 19,5 % festgestellt. Daraus resultiert ein signifikanter Unterschied bezogen auf die Effektivität ($\chi^2 = 41,026$; $p < 0,001$, Abbildung 5 oben Mitte). Damit wird H_{02} verworfen und H_2 angenommen. Die Effizienz zeigte bei beiden Eingabevarianten keinen signifikanten Unterschied ($F = 0,02$; $p = 0,889$, Abbildung 5 oben rechts). Damit wird H_{03} beibehalten und H_3 verworfen. Der Wertebereich für die

subjektive Beanspruchung reicht von 0 bis 150. 0 bedeutet „Keine Anstrengung“, 110 „extreme Anstrengung“, und mit 150 wird die maximal mögliche empfundene Anstrengung beschrieben. Die Eingabevariante ohne haptische Unterstützung wies im Mittel eine Anstrengung von 40, mit haptischer Unterstützung waren es im Mittel 20. Daraus resultiert ein signifikanter Unterschied bezogen auf die subjektive Beanspruchung ($F = 61,85$; $p < 0,001$, Abbildung 5 unten links). Damit wird H_{04} verworfen und H_4 angenommen. Die Zufriedenheit konnte bei allen 14 Fragen des standardisierten Fragebogens von 0 bis 4 bewertet werden. 0 bedeutet „trifft gar nicht zu“ und 4 „trifft völlig zu“. Aus der Zusammenfassung der Fragebogenergebnisse ergab sich ohne Unterstützung ein Zufriedenheitswert von ca. 2 im Mittel, während der Mittelwert mit haptischer Unterstützung bei ca. 3 lag. Daraus resultiert ein signifikanter Unterschied bezogen auf die Zufriedenheit ($F = 20,74$; $p < 0,001$, Abbildung 5 unten rechts). Damit wird H_{05} verworfen und H_5 angenommen.

4. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Blindbedienung eines Touch-Displays mit haptischer Unterstützung weniger Bedienfehler entstehen als ohne haptische Unterstützung. Dadurch sind möglicherweise die geringere subjektive Beanspruchung bei der Aufgabenausführung und die höhere Zufriedenheit mit der haptischen Rückmeldung erklärbar. Durch Beobachtungen und persönliche Einschätzung der Versuchspersonen war die haptische Unterstützung als Orientierungshilfe und Bestätigungsrückmeldung bei der Blindbedienung sehr hilfreich. Beim Fahrverhalten und der Effizienz konnte kein Einfluss der haptischen Rückmeldung festgestellt werden. Übertragen auf die reale Anwendung im Fahrzeug kann angenommen werden, dass nach Beendigung der Blindbedienung ein Kontrollblick zum Display erfolgen würde. Durch höhere Eingabefehlerzahl ohne haptische Unterstützung wäre somit die Dauer der korrekten Ausführung der Bedienaufgabe erhöht, wodurch potentiell auch die Fahrablenkung zunehmen könnte. In einer weiteren angepassten Studie könnte die Auswirkung der Bedienfehlerhäufigkeit auf die Fahrablenkung und die Effizienz untersucht werden.

5. Literatur

- Domhardt M, Tunca E, Zoller I, Lotz P, Schmidt L (2013) Evaluation eines haptischen Touchpads für die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In: Brandenburg E, Doria L, Gross A, Günzler T, Smieszek H (Hrsg.) Grundlagen und Anwendungen der Mensch-Maschine-Interaktion : 10. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (Berlin 2013). Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 9-18.
- Eilers K, Nachreiner F, Hänecke K (1986) Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft Nr. 40:215-224
- Hurtienne J, Naumann A (2010) QUESI - A questionnaire for measuring the subjective consequences of intuitive use. Interdisciplinary College:536.
- Math R, Mahr A, Moniri M, Müller C (2013) OpenDS - A new open-source driving simulator for research. GMM-Fachbericht-AmE:104-105.
- Statistisches Bundesamt (2015) Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehrsunfälle. DESTATIS.
- Streng B, Sieburg S, Schmidt L (2016) Experimental comparison of sidestick steering configurations for an innovative electric two-wheel vehicle. In: Deml B, Stock P, Bruder R, Schlick C (Hrsg.) Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes. Heidelberg: Springer, in Druck.
- Vollrath M, Huemer AK, Nowak P, Pion O (2014) Ablenkung durch Informations- und Kommunikationssysteme. Unfallforschung der Versicherer Forschungsbericht Nr. 26.