

Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen

Vom Fachbereich Maschinenbau
der Technischen Universität Darmstadt

zur

Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

angenommene

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Benjamin Franz

aus Frankfurt am Main

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder
Mitberichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner
Tag der Einreichung: 27. Januar 2014
Tag der mündlichen Prüfung: 23. April 2014

Darmstadt, 2014

D17

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit, abgesehen von den in ihr ausdrücklich genannten Hilfen, selbständig verfasst habe.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt.

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder für die vielfältige Unterstützung in allen Phasen der Dissertation. Vielen Dank auch für den Freiraum zur Entwicklung und Umsetzung eigener Ideen, den Sie mir zu jeder Zeit gewährten.

Bei Herrn Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner bedanke ich mich für die Übernahme des Koreferats sowie für die vielen fachlichen Diskussionen im Rahmen der DFG-Forschungsprojekte zu *Conduct-by-Wire*.

Auch bei allen Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Arbeitswissenschaft möchte ich mich herzlich für die vielfältige Unterstützung bedanken. Die vielen verschiedenen Ansichten, Herangehensweisen und Methoden aller Fachgebiete unserer Disziplin unter einen Hut zu bringen, empfand ich immer als herausfordernd, aber die daraus entstandenen Diskussionen immer als besonders wertvoll. Vor allem die vielen Diskussionen innerhalb der Forschungsgruppe Fahrzeugergonomie möchte ich hier hervorheben. Vielen Dank hierfür.

Mein Dank gilt weiterhin allen Studenten und studentischen Hilfskräften, die die DFG-Forschungsprojekte zu *Conduct-by-Wire* tatkräftig unterstützt und somit auch diese Dissertation vorangebracht haben.

Einigen Personen möchte ich im Speziellen danken:

Vielen Dank an Ilka Zöller für die Unterstützung während der Schreibphase, die gemeinsame Arbeit am Fahrsimulator sowie die von dir bereitgestellte nahezu unendliche Versorgung mit Gummibärchen.

Michael Schreiber möchte ich für die Übernahme der Mentorenschaft für diese Arbeit danken. Ohne deine fachliche und freundschaftliche Unterstützung, die schon während meiner Studentzeit begann, hätte ich vermutlich nie promoviert.

Ich möchte mich auch bei Annegret Peuker für die Unterstützung bedanken. Du hast lange Zeit mein hohes Arbeitspensum klaglos ertragen, mich immer wieder motiviert weiter zu machen und abgelenkt wenn das gerade nicht möglich war.

Weiterhin möchte ich Andreas Gunkel danken. Du warst auch immer da, wenn ich mal Luft und Abstand brauchte.

Mein größter Dank geht an Michaela Kauer für die unglaubliche Unterstützung. Es gibt unzählige Dinge für die ich dir danken muss. Hier ist eine kleine Auswahl: Du hast dir immer Zeit genommen wenn ich gefragt habe. Vielen Dank vor allem für die Stunden, in denen du eigentlich keine Zeit hattest und wir trotzdem diskutiert haben. Vielen Dank auch dafür, dass du neben der allgemeinen Arbeit am IAD, der Projektarbeit sowie der Arbeit an deiner und meiner Dissertation trotzdem noch mit mir eine Firma gründen und nach der Arbeit sogar noch Freizeit mit mir verbringen wolltest. Vielen Dank, dass du zu einem der wichtigsten Menschen in meinem Leben geworden bist.

Zum Abschluss möchte ich meiner Familie danken, die mich in allem was ich bisher getan habe, enorm unterstützt hat. Ihr habt mir immer das Gefühl gegeben auf dem richtigen Weg zu sein und habt mir immer den Rücken gestärkt, wenn ich mir hierbei selbst nicht ganz sicher war.

Zusammenfassung

In modernen Kraftfahrzeugen wird der Fahrer von einer Vielzahl an Fahrerassistenzsystemen unterstützt, die das Fahren sicherer und komfortabler machen sollen. Da die Systeme aus der Sicht des Fahrers als Einzelsysteme ausgeführt sind, muss der Fahrer allerdings mehrere Systeme parallel bedienen und überwachen. Um eine hieraus resultierende Überlastung des Fahrers zu vermeiden, wird in der Literatur das Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung vorgeschlagen. Hierbei übergibt der Fahrer dem Fahrzeug Manöver- und Parameterkommandos (z.B. *Fahrstreifenwechsel links* und *Wunschgeschwindigkeit*), die anschließend vom Fahrzeug selbstständig ausgeführt werden. Die Umsetzung dieses Konzepts setzt die Entwicklung und Evaluation geeigneter Interaktionskonzepte voraus.

Im Rahmen dieser Arbeit werden daher zunächst die Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung definiert. Weiterhin werden auf Basis von Standards und Richtlinien Kriterien für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion für die manöverbasierten Fahrzeugführung aufgestellt. In insgesamt drei Iterationen werden anschließend drei Interaktionskonzepte (*taktiler Touchdisplay*, *Gestenerkennung* und *pieDrive*) für die manöverbasierte Fahrzeugführung weiter bzw. neu entwickelt und in Probandenversuchen im Fahrsimulator evaluiert.

Es zeigt sich, dass die zentralen Bewertungskriterien der Interaktion bei der manöverbasierten Fahrzeugführung die Blickverteilung sowie die Anzahl der Eingabefehler sind. Weiterhin konnte in den ersten zwei Iterationen bei Autobahnfahrten gezeigt werden, dass das *taktile Touchdisplay* gegenüber den anderen Konzepten Nachteile hinsichtlich der Blickverteilung, aber Vorteile bezüglich der Anzahl der Eingabefehler aufweist. Insgesamt schnitt das Interaktionskonzept *pieDrive* bei den Autobahnversuchen der zweiten Iteration am besten ab, sodass es für Überland- und Stadtfahrten weiterentwickelt wurde. In der dritten Iteration konnte in einer Langzeitstudie bei Stadt-, Überland- und Autobahnfahrten gezeigt werden, dass alle Anforderungen durch *pieDrive* weitgehend erfüllt wurden. Es zeigte sich aber auch, dass weiterer Entwicklungs- und Untersuchungsbedarf besteht, der im letzten Kapitel dieser Arbeit aufgezeigt wird.

Abstract

In modern motor vehicles, the driver is supported by a variety of driver assistance systems which should make driving safer and more comfortable. Since, from the driver's point of view, the systems are designed as individual systems, the driver must operate and monitor multiple systems in parallel. In order to counteract the resulting mental overload of the driver, the concept of maneuver-based driving has been proposed. Within the concept of maneuver-based driving, the driver assigns maneuver and parameter commands to the vehicle (e.g. *lane change left* or *desired velocity*), which are then executed autonomously by the vehicle. The implementation of this concept requires the development and evaluation of appropriate interaction concepts.

In this work, the terms interaction and interaction concept for maneuver-based vehicle guidance are defined. Furthermore, established criteria from norms and guidelines for the design and evaluation of man-machine interaction are adapted to maneuver-based vehicle guidance. Afterwards, in a total of three iterations, three interaction concepts (*tactile touch display*, *gesture recognition* and *pieDrive*) will be further or newly developed and then evaluated in driving simulator studies with test subjects.

It turns out that the two key criteria for the evaluation of interaction concepts for maneuver-based vehicle guidance are gaze distribution and the number of input errors. Furthermore, it was shown during the first two evaluation phases on motorway scenarios that the *tactile touch display* has advantages in terms of input errors and disadvantages in terms of gaze distribution compared to the other two concepts. Overall, in the second iteration, the interaction concept *pieDrive* was evaluated as the best in motorway environments and was thereby chosen for further development to suit the requirements of inner city and country roads. In the third and last iteration, a long-term driving simulator study with city, country, and motorway driving environments showed that *pieDrive* was able to meet all requirements set forth. However, there is a need for further development and research in this area which is described in the last chapter of this work.

Abkürzungsverzeichnis

ACC: *adaptive cruise control*; Abstandsregeltempomat

ADAS: *advanced driver assistance systems*; Fahrerassistenzsysteme

BSDS: *blind spot detection system*; Totwinkelwarner

FTIR: *frustrated total internal reflection*; verhinderte innere Totalreflexion

IAD: Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt

Pkw: Personenkraftwagen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung für nicht assistiertes Fahren (aus Schreiber, 2012; nach Donges, 1982).....	6
Abbildung 2-2: Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung für manöverbasierte Fahrzeugführung (angepasste Abbildung aus Schreiber, 2012; nach Winner & Hakuli, 2006).....	7
Abbildung 2-3: Einfacher Informationsverarbeitungsprozess (nach Luczak, 1975)	9
Abbildung 2-4: Grundlegende Aufgabenteilung bei <i>Conduct-by-Wire</i> auf Basis des einfachen Informationsprozesses nach Luczak, 1975.....	10
Abbildung 2-5: Darstellung der Übergänge zwischen einem expliziten und einem impliziten Manöver sowie beim Übergang von der bzw. zur konventionellen Fahrzeugführung (aus Schreiber, 2012).....	13
Abbildung 2-6: CAD-Konstruktion des <i>taktilen Touchdisplays</i> in der Mitte des Lenkrads (Kauer, Schreiber & Bruder, 2010).	15
Abbildung 2-7: Auf dem <i>taktilen Touchdisplay</i> dargestellter Inhalt (aus Franz et al., 2011, angelehnt an Kauer et al., 2010). In dem Beispiel sind die Manöver „Fahrstreifenwechsel links/rechts“ verfügbar und das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ ist aktiv. Die Wunschgeschwindigkeit beträgt 100km/h, während das Fahrzeug aktuell etwa 85km/h fährt.....	15
Abbildung 2-8: Statisches Head-up-Display (nach Schreiber, 2012) während des Manövers „dem Straßenverlauf folgen“. Die Wunsch- und die Fahrzeuggeschwindigkeit betragen 80km/h.....	16
Abbildung 2-9: Blickverteilung beim Fahren mit <i>Conduct-by-Wire</i> (aus Schreiber, 2012). N = 34	18
Abbildung 2-10: Ausgewählte Fragen zum Systemverständnis (aus Schreiber, 2012). N = 41	18
Abbildung 3-1: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (aus DIN EN ISO 9241-210).....	44
Abbildung 3-2: Vorgehen bei der statistischen Auswertung. Legende: EVmM: einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung; EVmM-GGK: einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung mit Greenhouse-Geisser Korrektur.....	45

Abbildung 4-1: Head-up-Display während der Fahrt mit aktiviertem <i>Conduct-by-Wire</i> (manöverbasierte Fahrzeugführung) (nach Franz et al., 2011).	52
Abbildung 4-2: Head-up-Display während der Fahrt mit deaktiviertem <i>Conduct-by-Wire</i> (manuelle Fahrzeugführung) (aus Franz et al., 2012).	52
Abbildung 4-3: Eingabegerät der <i>Gestenerkennung</i> in der rechten Armlehne des Fahrersitzes (aus Franz et al., 2011).	54
Abbildung 4-4: Versuchsaufbau des statischen IAD-Fahrsimulators (nach Schreiber, 2012).	56
Abbildung 4-5: Prozentuale Blickverteilung (nach Franz et al., 2012).	58
Abbildung 4-6: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der ersten Iteration. (nach Franz et al., 2012).	60
Abbildung 4-7: Subjektive Ergebnisse des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.....	61
Abbildung 4-8: Eingabegerät der <i>Gestenerkennung</i> in der rechten Armlehne des Fahrersitzes.	66
Abbildung 4-9: Kontaktanaloges Head-up-Display der <i>Gestenerkennung</i> und des <i>taktilen Touchdisplays</i> während der Fahrt mit aktiviertem <i>Conduct-by-Wire</i>	69
Abbildung 4-10: Kontaktanaloges Head-up-Display der <i>Gestenerkennung</i> und des <i>taktilen Touchdisplays</i> während eines Fahrstreifenwechsels mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen.	69
Abbildung 4-11: Anordnung der Manöver im halbkreisförmigen <i>pieDrive</i> -Menü (nach Franz et al., 2012).	70
Abbildung 4-12: Kontaktanaloges Head-up-Display der Gestaltungslösung <i>pieDrive</i> (nach Franz et al., 2012). Die auf dem Eingabegerät dargestellten Inhalte dienen der Erklärung und sind in der umgesetzten Mensch-Maschine Schnittstelle nicht sichtbar. 1: Das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ ist aktiv und der Fahrer beginnt eine Manövereingabe. 2: Der Fahrer hat das Manöver „Fahrstreifenwechsel links“ ausgewählt. 3. Der Fahrer hat den Fahrstreifenwechsel beauftragt, der nun aktiv ist..	71
Abbildung 4-13: Prozentuale Blickverteilung mit getrennt dargestelltem Anteil der Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich des Head-up-Displays.	74
Abbildung 4-14: Prozentuale Blickverteilung mit einer gemeinsamen Kategorie für die Blicke auf das Head-up-Display und die Straße.	75

Abbildung 4-15: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der zweiten Iteration.	77
Abbildung 4-16: Subjektive Ergebnisse 1 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.	78
Abbildung 4-17: Subjektive Ergebnisse 2 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.	79
Abbildung 4-18: Zuordnungsprobleme des Berührungspunktes bei der Eingabe eines Fahrstreifenwechsels.	80
Abbildung 4-19: Kreuzung in Gründau Lieblos (aus Google Maps, 2013; Koordinaten: 50.207263,9.142454).	83
Abbildung 4-20: Erweiterung und Verschiebung des Manövermenüs.	87
Abbildung 4-21: Darstellung der Parameter <i>Zeitlücke</i> und <i>Exzentrizität im Fahrstreifen</i> . Links: keine Interaktion. Das Fahrzeug fährt mittig mit der größtmöglichen <i>Zeitlücke</i> . Rechts: während der Änderung der <i>Zeitlücke</i> . Das Fahrzeug fährt um eine Stufe nach links versetzt und mit der kleinsten <i>Zeitlücke</i>	87
Abbildung 4-22: Transparente Darstellung der Trajektorie für Fahrzeuggeschwindigkeiten $\leq 50\text{km/h}$	88
Abbildung 4-23: Darstellung des Bremswegs für Fahrzeuggeschwindigkeiten $\leq 50\text{km/h}$	88
Abbildung 4-24: Transparenzverlauf im Überschneidungsbereich bei Fahrzeuggeschwindigkeiten $> 50\text{km/h}$	88
Abbildung 4-25: Anordnung der Manöver im <i>pieDrive</i> -Manövermenü mit größenveränderlichen Segmenten.	89
Abbildung 4-26: Anordnung der Manöver im <i>pieDrive</i> -Manövermenü mit gleichbleibenden Segmenten.	89
Abbildung 4-27: Head-up-Display während der Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen.	89
Abbildung 4-28: Versuchsaufbau des aktualisierten und erweiterten statischen IAD-Fahrstimulators. Legende: 1. Vordere Projektionsflächen; 2. Hintere Projektionsflächen; 3. Seitenspiegel; 4. Innenspiegel; 5. Armlehne mit <i>pieDrive</i> -Eingabegerät; 6. Lenkrad; 7. Kameras; 8. Operatorarbeitsplatz	90
Abbildung 4-29: Integration des <i>pieDrive</i> -Eingabegeräts in die Fahrzeugkarosserie.	90

Abbildung 4-30: Übersicht über die Versuchsfahrten der dritten Evaluationsstudie. Die Reihenfolge der Fahrten wurde permutiert.....	92
Abbildung 4-31: Prozentuale Blickverteilung der Fahrten a, b, g und h.	96
Abbildung 4-32: Mittelwerte der Fehleranzahl an den Entscheidungspunkten der Fahrten a und g. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.	98
Abbildung 4-33: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der dritten Iteration.	100
Abbildung 4-34: Subjektive Ergebnisse 1 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.....	101
Abbildung 4-35: Subjektive Ergebnisse 2 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.....	102
Abbildung 6-1: Trackpoint auf der Tastatur eines IBM-Computers. Abbildung von support.lenovo.com (2013).....	111
Abbildung 6-2: Analog-Stick eines GameCube™ Spielecontrollers. Abbildung von upload.wikimedia.org (2013).	111
Abbildung 6-3: Dreh-Drücksteller des Modells Mercedes B 200 CDI. Abbildung von www.ace-online.de (2013).	111
Abbildung 6-4: Touchpad zur Eingabe von Schrift und Zahlen sowie zum Steuern des Infotainmentsystems in einer Mercedes C-Klasse. Abbildung von www.handelsblatt.com (2013).....	111
Abbildung 6-5: Touchpad auf der Oberfläche des Dreh-Drückstellers zur Eingabe von Schrift und Zahlen in einem Audi A3. Abbildung von i.computer-bild.de (2013).....	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Manöver und Parameter des <i>Conduct-by-Wire</i> -Konzepts (nach Franz et al., 2012; Schreiber et al., 2010; Schreiber, 2012)	11
Tabelle 2-2: Zusammenfassung der Gestaltungsempfehlungen und Voraussetzungen für Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug. Die Tabelle ist nach den in Kapitel 2.2.2.1 identifizierten Bewertungsbereichen sortiert.	35
Tabelle 2-3: Zusammenfassung der Bewertungsmessgrößen für Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug. Die Tabelle ist nach den in Kapitel 2.2.2.1 identifizierten Bewertungsbereichen sortiert.	38
Tabelle 2-4: Zusammenfassung der in dieser Arbeit verwendeten Messgrößen bzw. –methoden zur Bewertung der Mensch-Maschine Interaktion.	41
Tabelle 4-1: Nutzeranforderungen für die Entwicklung eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung <i>Conduct-by-Wire</i> zum Zeitpunkt der ersten Iteration. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)	48
Tabelle 4-2: Übersicht über die Parameter- und Manövergesten (angelehnt an Franz et al., 2012; Franz et al., 2011).	55
Tabelle 4-3: Neu ermittelte Nutzungsanforderungen zur Ergänzung der Liste in Kapitel 4.2.1. Die vollständige Liste findet sich in Anhang D. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)	65
Tabelle 4-4: Aktualisierte Übersicht über die Parameter- und Manövergesten (angelehnt an Franz et al., 2012; Franz et al., 2011).	68
Tabelle 4-5: Neu ermittelte Nutzungsanforderungen zur Ergänzung der Liste in Kapitel 4.2.1 und 4.3.1. Die vollständige Liste findet sich in Anhang E. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)	84
Tabelle 4-6: Übersicht über die Entscheidungspunkte entlang der Hauptroute.	93

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziele der Arbeit	2
1.2	Struktur der Arbeit	3
2	Stand der Forschung	5
2.1	Manöverbasierte Fahrzeugführung	5
2.1.1	Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung	5
2.1.2	Conduct-by-Wire	7
2.2	Interaktion	19
2.2.1	Definition Interaktion und Interaktionskonzept	19
2.2.2	Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion für die manöverbasierte Fahrzeugführung	22
2.3	Ableiten von Forschungsfragen	41
3	Methodik	43
3.1	Entwicklungsprozess	43
3.2	Vorgehen bei der statistischen Auswertung	44
4	Entwicklung und experimentelle Untersuchung	46
4.1	Festlegung des Nutzungskontextes	46
4.2	Iteration 1: <i>taktiler Touchdisplay & Gestenerkennung</i>	47
4.2.1	Nutzungsanforderungen	47
4.2.2	Entwicklung von Gestaltungslösungen	50
4.2.3	Evaluationsstudie	55
4.3	Iteration 2: <i>taktiler Touchdisplay, Gestenerkennung & pieDrive</i>	64
4.3.1	Nutzungsanforderungen	65
4.3.2	Entwickeln von Gestaltungslösungen	65
4.3.3	Evaluationsstudie	72
4.4	Iteration 3: <i>pieDrive</i>	82
4.4.1	Nutzungsanforderungen	82
4.4.2	Entwickeln von Gestaltungslösungen	84
4.4.3	Evaluationsstudie	89
5	Diskussion und Fazit	105
5.1	Diskussion	105
5.2	Fazit	107
6	Ausblick	109
7	Literaturverzeichnis	113
Anhang A	Zusammenfassung der Gestaltungsempfehlungen und Bewertungsmessgrößen für die Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug	i

Anhang B	Checkliste zur Überprüfung der Gestaltungsempfehlungen	i
Anhang C	Versuchsmaterialien zu Iteration 1	i
Anhang D	Versuchsmaterialien zu Iteration 2	i
Anhang E	Versuchsmaterialien zu Iteration 3	i

1 Einleitung

Moderne Kraftfahrzeuge werden gegenwärtig mit immer mehr Fahrerassistenzsystemen ausgestattet, die den Fahrer¹ bei der Erfüllung seiner Fahraufgabe unterstützen oder den Komfort beim Fahren steigern sollen (Schreiber, 2012). Beispielsweise unterstützen Warnsysteme wie der Totwinkelwarner (engl. *blind spot detection system, BSDS*), den Fahrer bei der Informationsaufnahme und der Auswahl der richtigen Handlung. Die Handlungsausführung selbst wird beispielsweise durch einen Abstandsregeltempomaten (*adaptive cruise control, ACC*) unterstützt, der die Längsführung und Regelung der Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug übernimmt. Auch in Zukunft wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der Fahrerassistenzsysteme im Fahrzeug weiter ansteigt (Dickmanns, 2002; Schreiber, 2012; Winner, 2009). Aus der Sicht des Fahrers ergibt sich hierbei das Problem, dass alle Fahrerassistenzsysteme als getrennte Systeme mit eigenen Anzeige- und Eingabeelementen ausgeführt sind (Hakuli et al., 2009). Hierdurch muss der Fahrer alle Systemzustände der Einzelsysteme zu einem Gesamtzustand des Fahrzeugs kombinieren und sich über die jeweiligen Systemgrenzen der Einzelsysteme bewusst sein (Winner & Hakuli, 2006; Winner, Hakuli, Bruder, Konigorski & Schiele, 2006). Hieraus resultiert eine unerwünschte Steigerung der Bedienkomplexität des Fahrzeugs (Winner & Hakuli, 2006). Weiterhin gibt es Verkehrssituationen, in denen mehrere Systeme parallel bedient werden müssen oder auf die Rückmeldung mehrerer Systeme reagiert werden muss (Buld et al., 2002; Buld, Tietze & Krüger, 2005; Schreiber, 2012; Wolf, Zöllner & Bubb, 2005a; Wolf, Zöllner & Bubb, 2005b). In diesen Situationen können verspätete oder falsche Reaktionen des Fahrers hervorgerufen werden (Schreiber, Kauer & Bruder, 2009), wodurch sich die Effektivität und Effizienz der Fahrerassistenzsysteme reduziert und neue Belastungen für den Fahrer entstehen können (Landau, 2002).

Zur Lösung dieser Probleme wurden bisher verschiedene Ansätze verfolgt. Von Wolf et al. (2005a) und Wolf et al. (2005b) wird beispielsweise eine Priorisierung der Rückmeldung der einzelnen Assistenzsysteme vorgeschlagen. Hierdurch können allerdings nicht alle angesprochenen Probleme umgangen werden, da der Fahrer u.a. weiterhin die Zustände der Einzelsysteme zu einem Gesamtzustand des Fahrzeugs kombinieren muss. Weiterhin gibt es Situatio-

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die zusätzliche Formulierung der weiblichen Form verzichtet. Der Autor möchte deshalb darauf hinweisen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form explizit als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

nen, in denen eine Priorisierung nicht möglich ist und gleichzeitig auf zwei Warnungen reagiert werden muss (z.B. bei einem Fahrstreifenwechsel nach links während einer ACC-Fahrt auf dem rechten Fahrstreifen einer Autobahn mit einem Fremdfahrzeug im linken toten Winkel sowie einem stark verzögernden vorausfahrenden Fahrzeug; siehe Schreiber, 2012).

Ein weiterer Ansatz zur Lösung der aufgezeigten Probleme ist die Entwicklung von neuen Fahrzeugführungskonzepten (Winner et al., 2006). Das Ziel hierbei ist es, alle Fahrerassistenzsysteme aus der Sicht des Fahrers zu einem übergeordneten Gesamtsystem zu vereinen und eine einheitliche Mensch-Maschine-Schnittstelle zu schaffen (Franz, Kauer, Bruder & Geyer, 2012, vgl. auch Winner & Hakuli, 2006; Winner et al., 2006). Diese Integration in ein Gesamtsystem kann unterschiedlich umgesetzt werden. Eine Möglichkeit ist die kontinuierliche Unterstützung des Fahrers (z.B. umgesetzt in Forschungsprojekt H-Mode, siehe Flemisch, Kelsch, Löper, Schieben & Schindler, 2008; Flemisch et al., 2003). Eine andere Möglichkeit ist der Ansatz der manöverbasierten Fahrzeugführung, der in dieser Arbeit betrachtet werden soll.

Bei der manöverbasierten Fahrzeugführung werden dem Fahrzeug abgeschlossene Handlungseinheiten (die sogenannten Manöver) übergeben, die anschließend vom Fahrzeug selbstständig ausgeführt werden. Ein Beispiel für ein solches Manöver ist ein *Fahrstreifenwechsel rechts*. Die Übergabe von diskreten Manöverbefehlen an das Fahrzeug kann hierbei im Allgemeinen nicht mehr mit den zur kontinuierlichen Veränderung der Stellgrößen (Lenken, Gas geben, Bremsen) gedachten herkömmlichen Bedienelementen (Lenkrad und Pedale) realisiert werden. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Richtung der auszuführenden Manöver gleich ist (z.B. *Fahrstreifenwechsel rechts* und *Abbiegen rechts*). Aus diesem Grund soll in dieser Arbeit die Entwicklung eines Interaktionskonzepts für die Führung eines manöverbasierten Fahrzeugs betrachtet werden. Hierzu werden im nächsten Kapitel zunächst die Ziele dieser Arbeit beschrieben.

1.1 Ziele der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung für die Straßentypen Autobahn, Land- und Stadtstraße. Das übergeordnete Ziel lässt sich in folgende Unterziele aufspalten:

- Definition der Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung.

-
- Ableiten von Bewertungskenngrößen für Interaktionskonzepte für die manöverbasierte Fahrzeugführung.
 - Entwicklung und Evaluation von Interaktionskonzepten für die manöverbasierte Fahrzeugführung und Auswahl eines Interaktionskonzepts.
 - Vergleich des ausgewählten Interaktionskonzepts mit der Interaktion während der herkömmlichen Fahrzeugführung für die Straßentypen Autobahn, Land- und Stadtstraße.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit ist die technische Umsetzung der manöverbasierten Fahrzeugführung ebenfalls Gegenstand der Forschung (siehe u.a. Geyer et al.; Geyer, 2013; Hakuli, Geyer, Winner & Henning, 2011a; Hakuli, Kluin, Geyer & Winner, 2010) und nicht Teil dieser Arbeit. Aus diesem Grund werden zur Erfüllung der Ziele dieser Arbeit ausschließlich Versuche im Fahr Simulator durchgeführt. Weiterhin werden im Rahmen dieser Arbeit keine Sicherheitsbetrachtungen und Beanspruchungsmessungen durchgeführt. Auch die Wechsel der Fahrzeugführungsart (Transitionen) werden nicht betrachtet. Dieser Arbeit wird weiterhin ausschließlich die deutsche Straßenverkehrsordnung zugrunde gelegt. Im nächsten Kapitel wird nun die Struktur dieser Arbeit vorgestellt.

1.2 Struktur der Arbeit

Im ersten Kapitel dieser Arbeit wurde das Themengebiet Interaktion in manöverbasierten Fahrzeugen eingeleitet und die Notwendigkeit der Forschung in diesem Bereich motiviert. Anschließend wurden in Kapitel 1.2 die Ziele dieser Arbeit vorgestellt. In diesem Kapitel wird nun die Struktur der Arbeit dargelegt.

Im zweiten Kapitel wird der Stand der Forschung zusammengefasst. Zunächst wird in Kapitel 2.1 auf die manöverbasierte Fahrzeugführung und bisherige Untersuchungsergebnisse eingegangen. Anschließend werden in Kapitel 2.2 die Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept beleuchtet und für diese Arbeit im Kontext der manöverbasierten Fahrzeugführung definiert. Weiterhin werden Bewertungskriterien für Interaktionskonzepte mit Hilfe der Literatur abgeleitet und auf die manöverbasierte Fahrzeugführung übertragen. Abschließend werden die Ziele dieser Arbeit in Kapitel 2.3 in Forschungsfragen überführt.

Im dritten Kapitel wird die Methodik der Arbeit vorgestellt. In Kapitel 3.1 wird hierzu zunächst der dieser Arbeit zugrundeliegende Entwicklungsprozess vorgestellt. Anschließend wird in Kapitel 3.2 das Vorgehen bei der statistischen Auswertung allgemein beschrieben.

Das vierte Kapitel befasst sich mit der Entwicklung und experimentellen Untersuchung der Interaktionskonzepte für die manöverbasierte Fahrzeugführung. In Kapitel 4.1 wird hierzu zunächst der Nutzungskontext für die Entwicklung festgelegt. Die eigentliche Entwicklung und Evaluation des Interaktionskonzepts wird in drei Iterationen in den Kapiteln 4.2, 4.3 sowie 4.4 dargestellt und diskutiert.

Im fünften Kapitel wird die Methodik dieser Arbeit kritisch hinterfragt und diskutiert (siehe Kapitel 5.1). Das fünfte Kapitel schließt mit einem Fazit (siehe Kapitel 5.2).

Abschließend wird im sechsten Kapitel ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen und mögliche Anwendungsfelder der Ergebnisse dieser Arbeit gegeben.

2 Stand der Forschung

In diesem Kapitel wird der aktuelle Stand der Forschung im Bezug zur Zielsetzung dieser Arbeit zusammengefasst. Zunächst wird auf das Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung eingegangen (Kapitel 2.1). Anschließend werden in Kapitel 2.2 die Begriffe Interaktion sowie Interaktionskonzept diskutiert und für diese Arbeit definiert. Weiterhin werden Gestaltungsempfehlungen sowie Messgrößen für die für die Gestaltung bzw. Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug aus der Literatur abgeleitet und auf die manöverbasierte Fahrzeugführung übertragen. In Kapitel 2.3 werden schließlich die Forschungsfragen dieser Arbeit abgeleitet.

2.1 Manöverbasierte Fahrzeugführung

In diesem Kapitel wird zunächst das allgemeine Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung vorgestellt (Kapitel 2.1.1). Anschließend erfolgt eine detaillierte Vorstellung des manöverbasierten Fahrzeugführungskonzepts *Conduct-by-Wire*, das die Grundlage dieser Arbeit darstellt (Kapitel 2.1.2).

2.1.1 Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung

Nach Bubb (2002) werden vom Fahrer während der Fahrt primäre, sekundäre und tertiäre Fahraufgaben erfüllt (vgl. auch Rassl, 2004). Hierbei umfasst die primäre Fahraufgabe die eigentliche Fahrzeugführung (z.B. Lenken, Bremsen). Sekundäre Aufgaben fallen zwar im Rahmen der Fahrzeugführung an, dienen aber nicht dem Halten des Fahrzeugs auf der Straße (Rassl, 2004), wie z.B. Schalten oder das Aktivieren des Scheibenwischers. Tertiäre Aufgaben hingegen dienen der Zufriedenstellung von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen (z.B. Bedienen der Klimaanlage oder des Radios). Die primäre Fahraufgabe lässt sich, nach dem Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung (Donges, 1982 vgl. auch Bernotat, 1970; Bubb, 1993), in die Navigations-, Bahnführungs- und Stabilisierungsebene aufteilen. Beim nicht assistierten Fahren entscheidet sich der Fahrer demnach auf Navigationsebene für eine geeignete Fahrtroute aus dem zur Verfügung stehenden Straßennetz (siehe Abbildung 2-1). Auf Bahnführungsebene wird diese Wahl zusammen mit den Kenntnissen über die aktuelle Verkehrssituation in eine Soll-Trajektorie umgewandelt. Schließlich setzt der Fahrer die Soll-Trajektorie auf Stabilisierungsebene mit Hilfe der verfügbaren Stellgrößen (Lenken, Gas geben, Bremsen) in einem kontinuierlichen Regelkreis in die Ist-Trajektorie um.

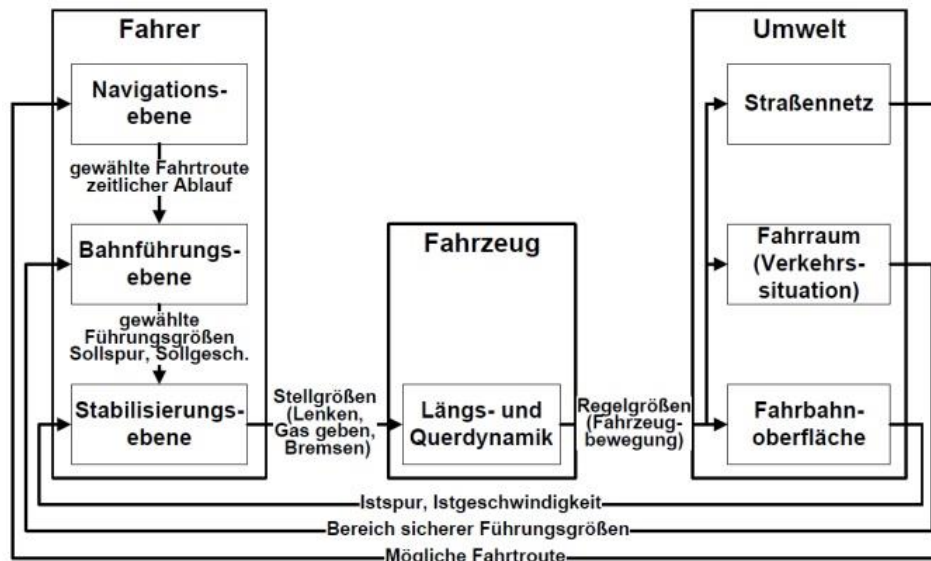


Abbildung 2-1: Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung für nicht assistiertes Fahren (aus Schreiber, 2012; nach Donges, 1982).

Die Idee der manöverbasierten Fahrzeugführung ist der Transfer der Fahrer-Fahrzeug Interaktion von der Stabilisierungs- auf die Bahnführungsebene (Schreiber et al., 2009; Winner & Hakuli, 2006; Winner & Heuss, 2005) (siehe Abbildung 2-2). Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass dem Fahrzeug direkt die gewünschte Soll-Trajektorie übergeben werden muss (Franz et al., 2012). Diese Übergabe erfolgt in Form von abgeschlossenen Einheiten, den sogenannten Manövern (Schreiber, Kauer, Hakuli & Bruder, 2010; Winner & Hakuli, 2006), die im Allgemeinen zusätzlich parametrierbar sein können. Die Manövereingabe wird anschließend vom Fahrzeug in die verfügbaren Stellgrößen übersetzt und auf Stabilisierungsebene ausgeführt. Für den Fahrer eines manöverbasierten Fahrzeugs wandelt sich die ursprünglich kontinuierliche Eingabe von Stellgrößen in eine diskrete Vorgabe von Manövern und Parametern (Schreiber et al., 2009).

Die Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für das manöverbasierte Führen von Fahrzeugen setzt eine konkrete Umsetzung der manöverbasierten Fahrzeugführung voraus. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist dem Autor dieser Arbeit nur eine konkrete Ausprägung der manöverbasierten Fahrzeugführung, das *Conduct-by-Wire*-Konzept (Winner & Hakuli, 2006; Winner & Heuss, 2005; Entwickelt in den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekten „*Conduct-by-Wire*“ und „*Von Conduct-by-Wire zu einer kooperativen Fahrzeugführung*“), bekannt. Aus diesem Grund bildet *Conduct-by-Wire* die Grundla-

ge für die in Kapitel 3 dieser Arbeit entwickelten und evaluierten Interaktionskonzepte und wird im folgenden Kapitel detailliert vorgestellt.

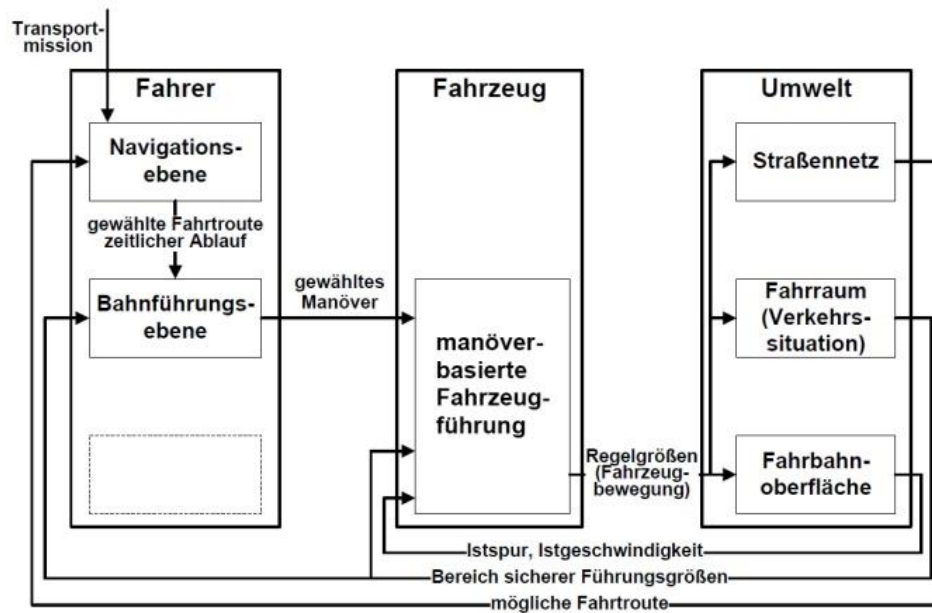


Abbildung 2-2: Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung für manöverbasierte Fahrzeugführung (angepasste Abbildung aus Schreiber, 2012; nach Winner & Hakuli, 2006).

2.1.2 Conduct-by-Wire

Zum besseren Verständnis des manöverbasierten Fahrzeugführungskonzepts *Conduct-by-Wire* wird zunächst die grundlegende Aufgabenteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug betrachtet (siehe Kapitel 2.1.2.1) sowie die Herleitung der Manöver und Parameter beschrieben (siehe Kapitel 2.1.2.2). Anschließend erfolgt eine detaillierte Übersicht über den Funktionsumfang des *Conduct-by-Wire*-Systems (siehe Kapitel 2.1.2.3). Das Kapitel schließt mit einer Übersicht über die bisherigen Untersuchungsergebnisse zu *Conduct-by-Wire* (siehe Kapitel 2.1.2.4). Um die Fragestellungen dieser Arbeit (siehe Kapitel 1.1) beantworten zu können, wurde das *Conduct-by-Wire*-Konzept parallel zu dieser Arbeit weiterentwickelt, sodass auch Überland- und Stadtfahrten abgebildet werden können. Da die reine Weiterentwicklung nicht den Kern der vorliegenden Arbeit bildet, wird in diesem Kapitel ausschließlich die finale Entwicklungsstufe und deren Herleitung detailliert dargestellt. Auf eine Darstellung der Zwischenschritte wird verzichtet.

2.1.2.1 Grundlegende Aufgabenteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug

Das Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung sieht vor, dass der Fahrer dem Fahrzeug Manöverwünsche übergibt und die zugehörigen Manöver anschließend vom Fahrzeug ausgeführt werden (siehe Kapitel 2.1.1). Zur Entwicklung eines Interaktionskonzepts ist es notwendig, die Aufgabenteilung zwischen dem Fahrer und dem Fahrzeug detaillierter zu betrachten, da sie ein zentrales Element bei der Automation von Funktionen darstellt (u.a. Chapanis, 1965; DIN EN ISO 9241-210; Parasuraman, Sheridan & Wickens, 2000).

Das Ziel der kooperativen Fahrzeugführung und damit auch der Aufgabenteilung zwischen dem Fahrer und dem *Conduct-by-Wire*-Fahrzeug ist nach der Definition der kooperativen Fahrzeugführung „*die Erreichung der Fahrerziele effektiver zu gestalten, als dies bei der alleinigen Aufgabenerfüllung durch einen der beiden Kooperationspartner möglich wäre*“ (Bruder, Franz, Kauer & Schreiber, 2011). Dieses Ziel wird bestmöglich erreicht, wenn der Fahrer vom Fahrzeug in den Bereichen unterstützt wird, in denen die Technik Vorteile gegenüber dem Mensch aufweist. Weiterhin sollte der Fahrer Aufgaben übernehmen, in denen der Mensch der Technik überlegen ist (Parasuraman et al., 2000). Zur Identifizierung der grundlegenden Aufgabenteilung von Fahrer und Fahrzeug, wurde bei der Weiterentwicklung des *Conduct-by-Wire*-Konzepts auf den einfachen Informationsverarbeitungsprozess des Menschen nach Luczak (1975) (vgl. auch Parasuraman et al., 2000; Sheridan, 2001) zurückgegriffen (siehe Abbildung 2-3), der sich sinngemäß auch auf die maschinelle Informationsverarbeitung übertragen lässt (Parasuraman et al., 2000; Sheridan, 2001). Hiernach verarbeitet der Mensch einen Reiz sequentiell in vier Schritten. Im ersten Schritt wird ein Umgebungsreiz entdeckt (z.B. Entdecken eines Lichtreizes). Im zweiten Schritt wird der Reiz mit bekannten Reizen verglichen und ggf. erkannt (z.B. der Lichtreiz stammt von einem Bremslicht des vorausfahrenden Fahrzeugs). Anschließend findet eine Entscheidung über die Handlung statt (z.B. Bremse soll betätigt werden), die im letzten Schritt schließlich ausgeführt wird (z.B. Bremsen des Fahrzeugs). Die Schritte der Informationsverarbeitung wurden anschließend, wie in Parasuraman et al. (2000) beschrieben, mit Hilfe sogenannter MABA-MABA-Listen (*men are better at – machines are better at*; Menschen sind besser bei – Maschinen sind besser bei) (u.a. Chapanis, 1965; Edwards & Lees, 1973; Fitts, 1951; Kraiss & Schmidtke, 2002; Price, 1985; Sheridan, 2006) dem Fahrzeug, dem Fahrer oder beiden Kooperationspartnern zugewiesen. Dieses Vorgehen hat den Nachteil, dass der menschliche Informationsverarbeitungsprozess als linear angenommen wird (Dekker, S. W. A. & Woods, D. D., 2002; vgl. Flach,

2000 und Neisser, 1976) und sowohl Menschen als auch Maschinen fixe, zueinander unabhängige Stärken und Schwächen zugewiesen werden (Dekker, S. W. A. & Woods, D. D., 2002). Die Übernahme von Aufgaben durch die Automation kann daher neue Aufgaben für den Menschen erzeugen, die ebenfalls betrachtet werden müssen (Dekker, S. W. A. & Woods, D. D., 2002; Norman, 1990). Es sei daher angemerkt, dass die in diesem Kapitel beschriebene Aufgabenteilung die Basis für die tatsächliche Funktionsentwicklung von *Conduct-by-Wire* darstellt und in begründeten Fällen (siehe Kapitel 2.1.2.3) davon abgewichen wird.



Abbildung 2-3: Einfacher Informationsverarbeitungsprozess (nach Luczak, 1975)

Entdecken. Beim Entdecken von für die Verkehrssituation relevanten Reizen haben sowohl der Mensch, als auch die Maschine Vorteile gegenüber dem anderen Kooperationspartner. Menschen verfügen im Allgemeinen über eine niedrige Wahrnehmungsschwelle und eine hohe Empfindlichkeit der Sinnesorgane für visuelle sowie akustische Reize (Kraiss & Schmidtke, 2002). Maschinen hingegen können eine größere Bandbreite an Reizen erkennen (z.B. Einsatz von Radarstrahlung zur Entdeckung von Objekten) (Kraiss & Schmidtke, 2002). Durch die Vorteile auf beiden Seiten wurde die Aufgabe der Reizentdeckung bei *Conduct-by-Wire* beiden Kooperationspartnern zugewiesen (siehe Abbildung 2-4).

Erkennen. Auch bei der Erkennung von entdeckten Reizen haben sowohl der Mensch als auch die Maschine Vorteile gegenüber dem anderen Kooperationspartner. Während Menschen über eine sehr gute Mustererkennung visueller und akustischer Reize verfügen (Kraiss & Schmidtke, 2002), weisen Maschinen im Allgemeinen eine kürzere Reaktionszeit auf (Kraiss & Schmidtke, 2002). Die Erkennung wird daher auch bei *Conduct-by-Wire* von beiden Kooperationspartnern übernommen (siehe Abbildung 2-4).

Entscheiden. Bei klar definierten Entscheidungen mit festen Regeln oder zugrundeliegenden Entscheidungsbäumen haben Maschinen Vorteile gegenüber dem Menschen, da Maschinen solche Entscheidungen schneller und fehlerrobuster treffen können (Kraiss & Schmidtke, 2002). Bei Entscheidungsvorgängen mit unvollständigen Informationen oder bei unerwarteten Ereignissen hat allerdings der Mensch Vorteile gegenüber der Maschine (Kraiss & Schmidtke, 2002). Bei *Conduct-by-Wire* werden daher regelbasierte Entscheidungen vom Fahrzeug selbstständig getroffen (siehe Kapitel 2.1.2.3). Alle weiteren Entscheidungen verbleiben, wie

auch im allgemeinen Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung beschrieben, daher beim Fahrer (siehe Abbildung 2-4).

Handeln. Im Vergleich zum Mensch haben Maschinen den Vorteil, dass sie parallel mehrere komplexe Handlungen genauer ausführen können (Kraiss & Schmidtke, 2002). Bei *Conduct-by-Wire* wird die Ausführung der Entscheidungen daher, wie auch im allgemeinen Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung vorgesehen, vom Fahrzeug übernommen (siehe Abbildung 2-4). Der Fahrer behält allerdings die Aufgabe die Handlung des Fahrzeugs zu überwachen und bei Fehlern einzugreifen.

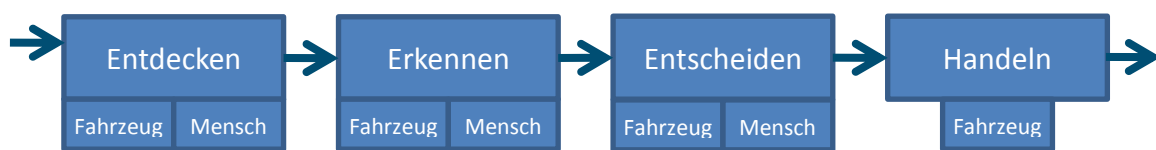


Abbildung 2-4: Grundlegende Aufgabenteilung bei *Conduct-by-Wire* auf Basis des einfachen Informationsprozesses nach Luczak, 1975.

Die in diesem Kapitel vorgestellte Aufgabenteilung zwischen Fahrer und Fahrzeug wird nun im nächsten Kapitel (siehe 2.1.2.2) detaillierter aus der Sicht des Fahrers betrachtet. Im Fokus liegen hierbei die Entscheidungen, die der Fahrer während des Fahrens trifft und die dem Fahrzeug anschließend in Form von Manövern und Parametern übergeben werden.

2.1.2.2 Manöver & Parameter

Zur Identifizierung der aus Fahrersicht relevanten Manöver wurde eine sogenannte Entscheidungspunktanalyse durchgeführt (Schreiber et al., 2009; Schreiber, Kauer, Schlesinger, Hakuli & Bruder, 2010; Schreiber, 2012). Das Ziel war hierbei, die Fahraufgabe aus Fahrersicht in abgeschlossene Handlungseinheiten zu unterteilen und diese zu benennen. Hierzu wurden Probanden auf Video aufgezeichnete Verkehrssituationen aus der Sicht des Fahrers gezeigt. Die Probanden hatten die Aufgabe, die vom Fahrer getroffenen Entscheidungen zu identifizieren und zu benennen. Hierbei wurden Manöver identifiziert, die vom Fahrer explizit geäußert werden (z.B. *links abbiegen*). Zusätzlich wurde festgestellt, dass Fahrer nach der Ausführung einer explizit geäußerten Manövereingabe implizit erwarten, dass das Fahrzeug dem Straßenverlauf unaufgefordert folgt, bremst sowie anfährt (Schreiber et al., 2010). Die identifizierten expliziten und impliziten Manöver sind in Tabelle 2-1 zusammengefasst. Weiterhin konnten die Parameter *Wunschgeschwindigkeit*, *Exzentrizität im Fahrstreifen* sowie *Zeitlücke zum*

vorausfahrenden Fahrzeug identifiziert werden. Diese können verwendet werden, um die mit Hilfe der Manöver an das Fahrzeug übergebene Trajektorie anzupassen.

Tabelle 2-1: Manöver und Parameter des *Conduct-by-Wire*-Konzepts (nach Franz et al., 2012; Schreiber et al., 2010; Schreiber, 2012)

Manöver	
Dem Straßenverlauf folgen (inklusive Bremsen, Stehen und Anfahren)	implizit
Geradeaus	explizit
Fahrstreifenwechsel links / rechts	explizit
Abbiegen links / rechts	explizit
Parameter	
Wunschgeschwindigkeit	
Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug (1s; 1,5s; 2s; 2,5s)	
Exzentrizität im Fahrstreifen (20% der Fahrstreifenbreite links, 10% links, keine, 10% rechts, 20% rechts)	

Zusätzlich zu den in diesem Kapitel beschriebenen menschenzentrierten Manövern und Parametern benötigt eine konkrete Ausprägung der manöverbasierten Fahrzeugführung genaue Definitionen der zugehörigen Fahrfunktionen aus technischer Sicht. Diese werden im folgenden Kapitel 2.1.2.3 detailliert vorgestellt.

2.1.2.3 Funktionsumfang

Die Fahrfunktionen von *Conduct-by-Wire* wurden basierend auf der Annahme entwickelt, dass die Automation im aktivierten Zustand die Stabilisierung des Fahrzeugs sowie die sekundären Fahraufgaben vollständig übernimmt und die Manöver- bzw. Parametereingaben des Fahrers umsetzen kann. Weiterhin kann das *Conduct-by-Wire* System jederzeit durch Bremsen oder Lenkbewegungen deaktiviert werden (siehe Abbildung 2-5). Die Fahrzeugführung findet anschließend herkömmlich auf Stabilisierungsebene statt. Zur besseren Übersicht werden die Fahrfunktionen in diesem Kapitel in fünf Bereiche (Fahrstreifenenerkennung, Verkehrszeichenerkennung, Auswahl der Default-Trajektorie, Verkehrsteilnehmer- und Objekterkennung sowie die Längs- und Querregelung) aufgeteilt und nachfolgend dargestellt. Die Darstellung erfolgt ergänzend zu der Ausführung in (Schreiber, 2012) und wurde für diese Arbeit um die bei Stadt- und Überlandfahrten benötigten Funktionen ergänzt.

Fahrstreifenerkennung. Das *Conduct-by-Wire*-Fahrzeug erkennt die existierenden Fahrstreifen in der Umgebung. Hierbei werden Fahrstreifen in bzw. gegen die eigene Fahrtrichtung sowie kreuzende Fahrstreifen erkannt. Die erkannten Fahrstreifen werden genutzt, um vom Fahrzeug ausgehende komfortbetonte Trajektorien innerhalb der Fahrstreifen zu berechnen, die zu keinem Zeitpunkt vom Menschen als unkomfortabel empfundene Längs- und Querbeschleunigungen aufweisen. Zudem wird jedem Punkt der Trajektorie eine auf der Krümmung und einer maximalen Querbeschleunigung basierende Höchstgeschwindigkeit zugeordnet, die vom Mensch noch als komfortabel angesehen wird (vgl. Geyer, 2013). Bei der Berechnung der Trajektorien kann vom Fahrer durch den Parameter *Exzentrizität des Fahrzeugs im Fahrstreifen* Einfluss auf die laterale Position der Trajektorien genommen werden. Zusätzlich wird die Art der Fahrstreifenmarkierung (z.B. durchgezogene Linie) genutzt, um zu erkennen, ob ein Fahrstreifenwechsel innerhalb einer geschwindigkeitsabhängigen Wechseldistanz möglich ist.

Verkehrszeichenerkennung. Mit Hilfe der Erkennung von Verkehrszeichen, Richtungspfeilen, Haltelinien und Lichtzeichenanlagen werden die zuvor ermittelten Trajektorien weiter aufbereitet. Zuerst werden alle Trajektorien aussortiert, die nicht befahren werden dürfen (z.B. Einbahnstraßen und Durchfahrbeschränkungen). Anschließend werden den verbleibenden Trajektorien dynamisch eine maximal erlaubte Fahrzeuggeschwindigkeit, Vorfahrtsregeln sowie evtl. verkehrsregel- oder lichtzeichenbedingte Haltepunkte zugewiesen. Die erkannten Richtungspfeile sowie die räumlichen Lagen der Trajektorien selbst werden verwendet, um alle Trajektorien in die verfügbaren Manöver (siehe Tabelle 2-1) einzuordnen.

Auswahl der Default-Trajektorie. Die erkannten und aufbereiteten Trajektorien werden verwendet, um die voreingestellte Fahrzeugtrajektorie auszuwählen. Diese wird automatisch ausgewählt, wenn der Fahrer keine Entscheidung trifft bzw. wenn ein explizites Manöver in ein implizites übergeht (siehe Abbildung 2-5). Aus Sicherheitsgründen ist es beispielsweise bei einem Y-förmigen Autobahnverlauf notwendig, dass das Fahrzeug auch ohne Entscheidung des Fahrers eine der Alternativen auswählt und nicht etwa stoppt. Hierfür verfügt das *Conduct-by-Wire* Fahrzeug über folgenden Regelkatalog:

- Befindet sich das Fahrzeug auf einer Vorfahrtsstraße, so wird diejenige Trajektorie ausgewählt, die der Vorfahrtsstraße folgt.
- Befindet sich das Fahrzeug nicht auf einer Vorfahrtsstraße, so wird diejenige Trajektorie ausgewählt, die das Fahrzeug in der bisherigen Richtung („gerade“) weiterführt.

- Befindet sich das Fahrzeug nicht auf einer Vorfahrtsstraße und gibt es zusätzlich keine Trajektorie, die das Fahrzeug in bisheriger Richtung weiterführt, so hält das Fahrzeug an (Stadtverkehr) bzw. wählt, aufgrund des Rechtsfahrgebots, die außenliegend rechte verfügbare Trajektorie (Landstraße und Autobahn) aus.
- Teilt sich ein Fahrstreifen in mehrere Fahrstreifen auf (z.B. Abbiegen von einem auf zwei Fahrstreifen; Hinzukommen eines Fahrstreifens auf der Autobahn), so wählt das Fahrzeug die Trajektorie des außenliegend linken (Stadt; Setzung, da keine gesetzlichen Vorgaben existieren. Annahme: rechter Fahrstreifen in der Stadt öfter blockiert.) bzw. rechtesten (Landstraße und Autobahn; Rechtsfahrgebot) Fahrstreifens.

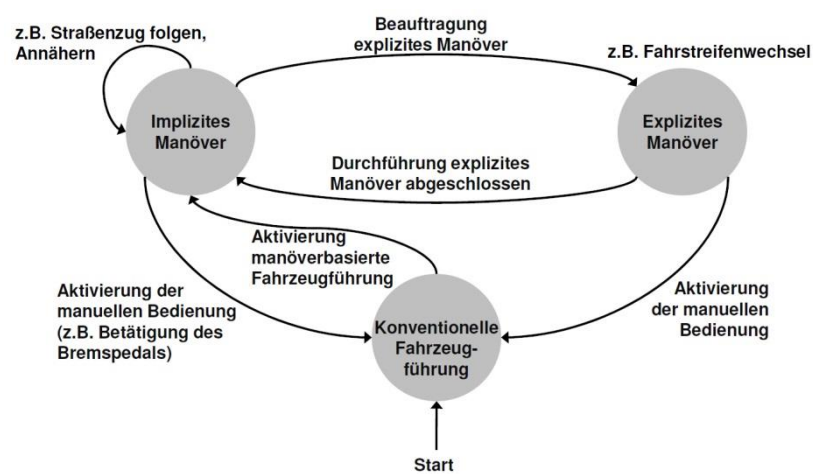


Abbildung 2-5: Darstellung der Übergänge zwischen einem expliziten und einem impliziten Manöver sowie beim Übergang von der bzw. zur konventionellen Fahrzeugführung (aus Schreiber, 2012).

Verkehrsteilnehmer- und Objekterkennung. Mit Hilfe der Verkehrsteilnehmer- und Objekterkennung werden die Trajektorien erneut und final aufbereitet. Alle Objekte werden den bereits identifizierten Trajektorien oder einer als irrelevant betrachteten Umgebung zugeordnet. Über die aktuellen und aufgezeichneten Geschwindigkeitsvektoren der Objekte wird zudem eine Vorhersage über die zukünftige Objekttrajektorie getroffen. Mit diesen Objekttrajektorien und der gewählten *Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug* werden die Trajektorien des *Conduct-by-Wire* Fahrzeugs um weitere Haltepunkte (z.B. bei Erkennung eines vorfahrtsberechtigten Verkehrsteilnehmers) bzw. Beschleunigungsvektoren (z.B. bei Erkennung eines langsameren vorausfahrenden Verkehrsteilnehmers) ergänzt, die ein sicheres und komfortbetontes Fahren ermöglichen.

Längs- und Querregelung. Die vom Fahrer oder dem Fahrzeug ausgewählte Trajektorie wird anschließend der Längs- und Querregelung zur Verfügung gestellt. Die beschleunigungsgeführte Längsregelung ermittelt die kleinste geforderte Längsbeschleunigung und beschleunigt bzw. bremst das Fahrzeug. Die Querregelung ermittelt aus dem Verlauf der Trajektorie den erforderlichen Lenkwinkel und setzt diesen um. Die folgenden Verkehrssituationen wurden u.a. betrachtet und können durch das *Conduct-by-Wire* Fahrzeug vollständig befahren werden:

- Einem vorausfahrenden Fahrzeug folgen
- Rechts-vor-Links
- voreinander Abbiegen
- Auffahren mit Beschleunigungsstreifen
- Kreisverkehr
- Fahrstreifenwechsel mit Fremdverkehr auf dem Zielfahrstreifen in beide Richtungen

Sollte das vom Fahrer gewählte Manöver nicht sofort ausgeführt werden können (z.B. bei einem Fahrstreifenwechsel mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen), wird die Trajektorie des Manövers 10s lang aktualisiert und auf Ausführbarkeit überprüft. Ist die Trajektorie innerhalb dieses Zeitraums ausführbar, wird sie automatisch als Solltrajektorie übernommen. Nach Ablauf der 10s wird das vom Fahrer gewählte Manöver verworfen und wieder das Manöver „dem Fahrstreifen folgen“ ausgeführt. Der Zeitraum von 10 s wurde hierbei aus der Arbeit von Schreiber (2012) übernommen. Schreiber geht davon aus, dass der Zeitraum von 10s für den Fahrer in den meisten Situationen noch überschaubar und die Manöverbeauftragung innerhalb dieser Zeitspanne dem Fahrer noch bewusst ist.

Im nächsten Kapitel 2.1.2.4 werden nun die bisherigen Untersuchungsergebnisse zu *Conduct-by-Wire* zusammengefasst. Hierbei wird der Fokus auf die Ergebnisse gelegt, die einen Bezug zu den Zielen dieser Arbeit aufweisen.

2.1.2.4 Untersuchungsergebnisse zu Machbarkeit und Akzeptanz

Neben den bereits beschriebenen Forschungsarbeiten zu der fahrerzentrierten Identifizierung von Manövern und Parametern sowie der Ausarbeitung des *Conduct-by-Wire*-Konzeptes an sich, wurde der Fokus der bisherigen Untersuchungen hauptsächlich auf die Machbarkeit und die Akzeptanz eines solchen Konzeptes gelegt. Hierzu wurde sich der prototypischen und konzeptionellen Umsetzung zum einen aus technik- und zum anderen aus menschenzentrierter

Sicht genähert. Da der Fokus dieser Arbeit auf der Mensch-Maschine-Interaktion und damit der menschenzentrierten Sicht liegt, wird an dieser Stelle auf die Darstellung der Ergebnisse der technikzentrierten Vorgehensweise verzichtet und auf die Literatur verwiesen (u.a. Geyer, Hakuli, Winner, Franz & Kauer; Geyer, 2013; Geyer, Hakuli, Winner, Franz & Kauer, 2011; Geyer et al., 2012; Hakuli, Geyer, Winner & Henning, 2011b; Hakuli et al., 2010; Hakuli et al., 2010). Aus menschenzentrierter Sicht wurde nach dem Ableiten der Manöver und Parameter (siehe Kapitel 2.1.2.2) zunächst eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, das *taktile Touchdisplay* mit statischem Head-up-Display, entwickelt und in einem Fahrsimulator umgesetzt (Kauer et al., 2010; Kauer, Schreiber, Bruder, Hakuli & Basha, 2010). Anschließend wurde der Aufbau genutzt um Probandenversuche durchzuführen.

Taktiler Touchdisplay mit statischem Head-up-Display. Das *taktile Touchdisplay* basiert auf dem 8,4 Zoll Display des *TouchSense Demonstrators* der Firma *Immersion* (Schreiber, 2012), das feststehend in der Mitte des Lenkrads angebracht wurde (siehe Abbildung 2-6) und sich daher bei Lenkbewegungen nicht dreht (Franz et al., 2012). Die integrierten Aktoren ermöglichen eine Schwingungsanregung der Displayoberfläche und bieten somit die Möglichkeit einer erweiterten taktilen Rückmeldung bei der Bedienung (Schreiber, 2012).

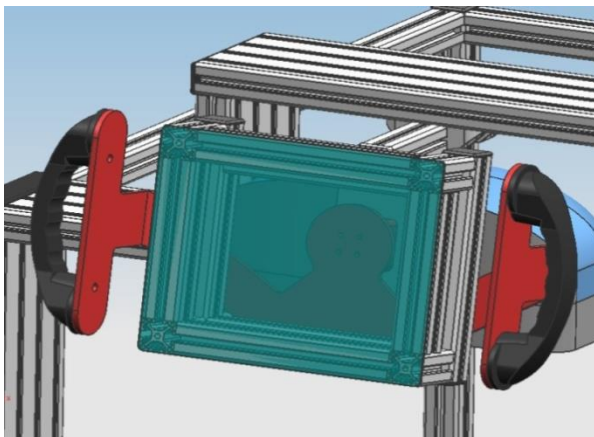


Abbildung 2-6: CAD-Konstruktion des *taktilen Touchdisplays* in der Mitte des Lenkrads (Kauer, Schreiber & Bruder, 2010).

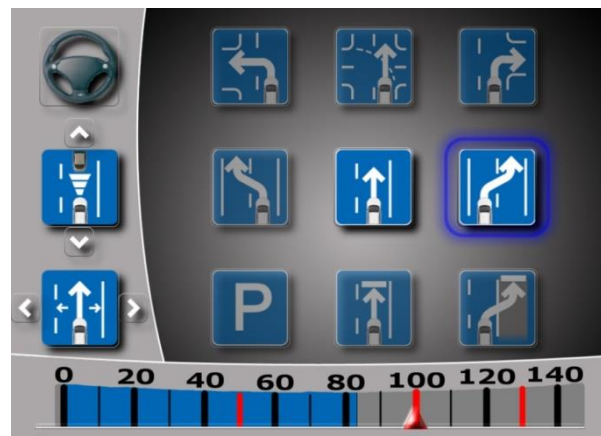


Abbildung 2-7: Auf dem *taktilen Touchdisplay* dargestellter Inhalt (aus Franz et al., 2011, angelehnt an Kauer et al., 2010). In dem Beispiel sind die Manöver „Fahrstreifenwechsel links/rechts“ verfügbar und das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ ist aktiv. Die Wunschgeschwindigkeit beträgt 100km/h, während das Fahrzeug aktuell etwa 85km/h fährt.

Die auf dem Display dargestellten Inhalte sind in einen hellgrau unterlegten Parameter- und einen dunkelgrau hinterlegten Manöverbereich aufgeteilt (siehe Abbildung 2-7) (Franz et al., 2011; Kauer, Schreiber & Bruder, 2010). Im Manöverbereich werden mit der Hilfe von neun Icons die möglichen Manöver des *Conduct-by-Wire*-Fahrzeugs dargestellt. In der obersten Reihe befinden sich von links nach rechts die Manöver „links abbiegen“, „geradeaus“ und „rechts abbiegen“. In der zweiten Reihe werden die Manöver „Fahrstreifenwechsel links“, „dem Straßenverlauf folgen“ und „Fahrstreifenwechsel rechts“ dargestellt. Ergänzend zu den in Kapitel 2.1.2.2 beschriebenen Manövern (siehe Tabelle 2-1) sind in der untersten Reihe die Manöver „parken“, „Zielbremsung“ und „rechts ranfahren“ dargestellt. In der Darstellung werden Manöver, die aufgrund der aktuellen Verkehrssituation nicht verfügbar sind, ausgegraut dargestellt (siehe Abbildung 2-7). Weiterhin wird das aktuell aktive Manöver mit der Hilfe eines blauen Rahmens hervorgehoben (Franz et al., 2011).

Im Parameterbereich wird auf der linken Seite über ein Lenkradsymbol die Möglichkeit zur Aktivierung / Deaktivierung der manöverbasierten Fahrzeugführung gegeben (Franz et al., 2011; Kauer et al., 2010). Darunter befinden sich die Schaltflächen zur Darstellung und Veränderung der aktuellen *Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug* und *Exzentrizität im Fahrstreifen* (siehe Abbildung 2-7). Im unteren Teil des Parameterbereichs befindet sich ein horizontaler Bandtachometer, der die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit über einen blauen Balken anzeigt (Franz et al., 2011). Der Fahrer kann zusätzlich die *Wunschgeschwindigkeit* über ein rotes Dreieck setzen bzw. ablesen.

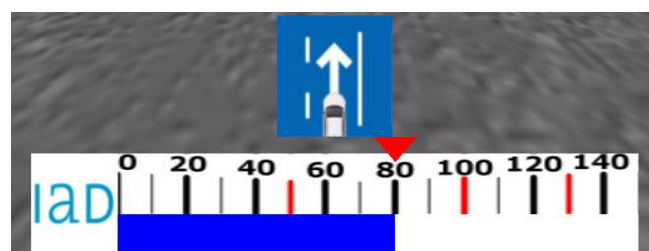


Abbildung 2-8: Statisches Head-up-Display (nach Schreiber, 2012) während des Manövers „dem Straßenverlauf folgen“. Die Wunsch- und die Fahrzeuggeschwindigkeit betragen 80km/h.

Im statischen Head-up-Display (siehe Abbildung 2-8) erfolgt im oberen Bereich die Anzeige des aktiven Manövers (Schreiber, 2012). Hierbei kommen dieselben Icons zum Einsatz, die auch auf dem *taktilen Touchdisplay* verwendet wurden. Weiterhin wird im unteren Bereich des statischen Head-up-Displays der horizontale Bandtachometer abgebildet. Analog zu der

Darstellung auf dem *taktilen Touchdisplay* erfolgt die Anzeige der Wunschgeschwindigkeit über ein rotes Dreieck und die der Fahrzeuggeschwindigkeit über einen blauen Balken.

Machbarkeit aus Fahrersicht auf Autobahnabschnitten. Mit Hilfe des *taktilen Touchdisplays* und des statischen Head-up-Displays sowie einer Umsetzung der *Conduct-by-Wire* Funktionen für den Autobahnverkehr wurde eine Fahrsimulatorstudie mit 41 Probanden (Alter: $\bar{x} = 28,27$ Jahre; $\sigma = 9,82$ Jahre. Geschlecht: 32 Männer) durchgeführt (Schreiber, 2012). Das Ziel der Studie war die Überprüfung der prinzipiellen Machbarkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung aus der Sicht des Fahrers auf Autobahnabschnitten. Hierzu befuhren die Probanden im Fahrsimulator einen 120km langen Autobahnabschnitt von Darmstadt nach Helmstadt, sowohl mit *Conduct-by-Wire* als auch mit konventionellen Bedienelementen. Es konnte gezeigt werden, dass mit der manöverbasierten Fahrzeugführung höchst signifikant weniger Manöver gefahren werden (insgesamt 2636 *Fahrstreifenwechsel*) als mit der konventionellen Fahrzeugführung (insgesamt 3068 *Fahrstreifenwechsel*). Dennoch war die Häufigkeit der Manöver- und Parametereingabe über die Versuchspersonen und die Strecke homogen verteilt. Auch bei der Auswertung der Blickbewegungsdaten konnte gezeigt werden, dass sich die Dauer der Blicke auf die Straße, den Innenspiegel und die Verkehrszeichen nicht signifikant unterscheidet (siehe Abbildung 2-9). Größere signifikante Unterschiede in der Blickverteilung konnten vor allem bei den Blicken auf das Eingabegerät gezeigt werden. Während der Fahrt mit *Conduct-by-Wire* war dieser Blickanteil höchst signifikant erhöht. Aus den Beobachtungen wurde geschlossen, dass die Fahrer mit dem *Conduct-by-Wire* System interagieren und sich nicht vollständig aus der Fahraufgabe zurückziehen. Diese Beurteilung wurde auch durch die Bewertung der Probanden hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung gestärkt. Auf der *System Usability Scale* (Brooke, 1996) erreichte die manöverbasierte Fahrzeugführung einen Mittelwert von 75,43 ($\sigma = 15,41$) von möglichen 100 Punkten und schnitt damit ohne einen signifikanten Unterschied zur konventionellen Fahrzeugführung ab ($\bar{x} = 70,13$; $\sigma = 17,66$). Beim Systemverständnis schnitten die Probanden insgesamt sehr gut ab. Fragen zu der Interaktion mit dem *Conduct-by-Wire* System sowie zu Systemgrenzen konnten von den meisten Probanden weitgehend fehlerfrei beantwortet werden (siehe Abbildung 2-10). Nur in den Versuchen selten gebrauchte Interaktionen schnitten schlechter ab. Zusammenfassend konnte die Aufgabenteilung des *Conduct-by-Wire* Konzepts sowie die Machbarkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung prinzipiell für Autofahrten bestätigt werden.

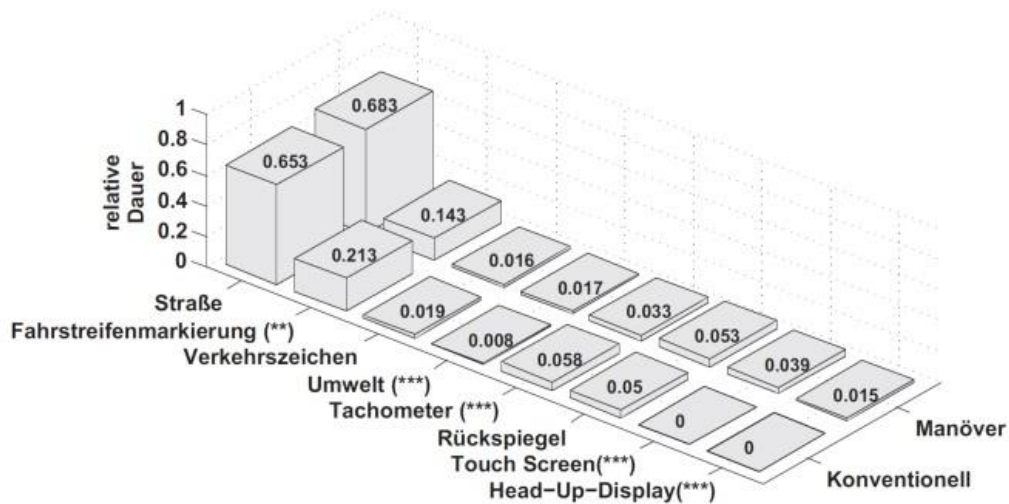


Abbildung 2-9: Blickverteilung beim Fahren mit *Conduct-by-Wire* (aus Schreiber, 2012). N = 34

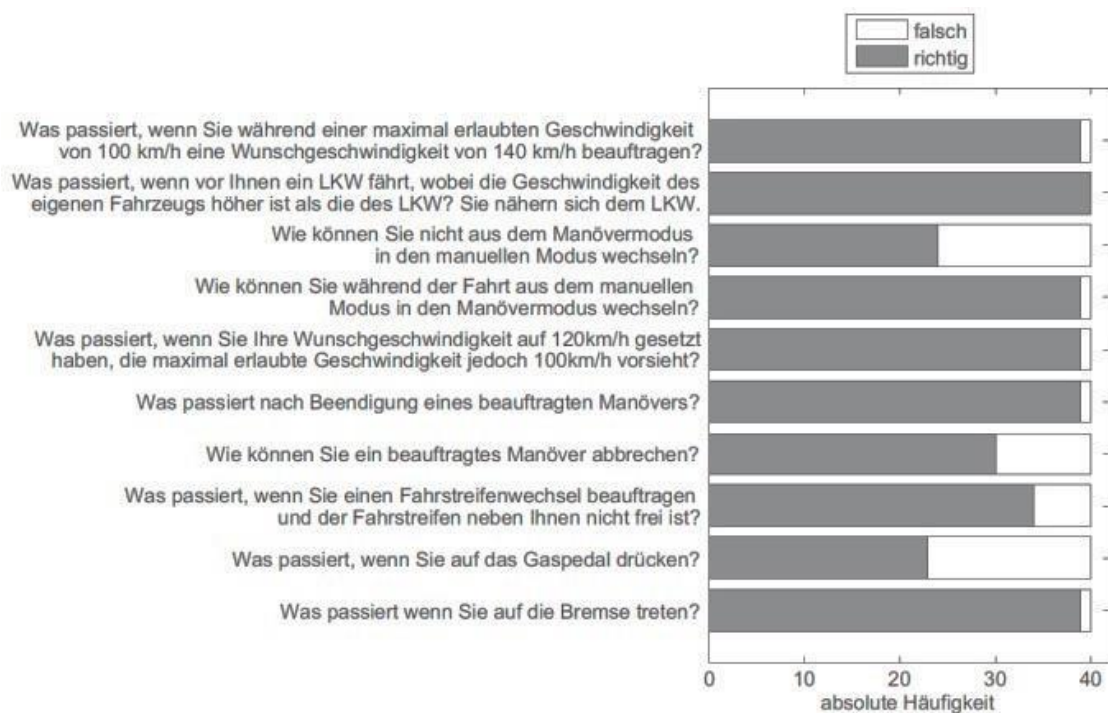


Abbildung 2-10: Ausgewählte Fragen zum Systemverständnis (aus Schreiber, 2012). N =

Akzeptanz. Zur Untersuchung der Akzeptanz von *Conduct-by-Wire* wurden mehrere Studien durchgeführt. In der bereits beschriebenen Simulatorstudie zur Machbarkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung für Autobahnfahrten wurden die Probanden gebeten, dass *Conduct-by-Wire* Konzept mit der Hilfe von Fragebögen zu bewerten (Kauer, Franz, Schreiber, Bruder & Geyer, 2012). Hierbei zeigte sich, dass das System eine hohe Einfachheit der Nutzung auf-

weist und als Neuheit empfunden wird. Die Probanden hatten prinzipiell eine positive Einstellung gegenüber dem System, gaben aber auch an, dass sie das System teilweise nur beschränkt oder gar nicht einsetzen würden. Nach Kauer et al., 2012 könnte dieses Ergebnis mit der fehlenden Vorgabe eines konkreten Nutzungsszenarios zusammenhängen. Mit der Hilfe von zwei Fokusgruppen (insgesamt 20 Probanden. Alter: $\bar{x} = 30,3$ Jahre bzw. $\bar{x} = 22$ Jahre. Geschlecht: insgesamt 11 Männer) wurden daher Nutzungsszenarios für *Conduct-by-Wire* ermittelt (Kauer et al., 2012; Kauer et al., 2011). Es zeigte sich, dass das System hauptsächlich für Routinefahrten (z.B. Pendeln) und in Situationen, in denen der Fahrer müde oder abgelenkt ist (z.B. lange Geschäftsreisen, Fahrt in den Urlaub, Nachtfahrt von einer Party nach Hause), genutzt werden würde. Diese Ergebnisse konnten anschließend in einer Onlinestudie (118 Probanden. Alter: $\bar{x} = 28,34$ Jahre; $\sigma = 7,67$ Jahre. Geschlecht: 91 Männer) bestätigt werden (Kauer et al., 2012).

Zusammenfassend konnte bisher die Machbarkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung aus der Sicht des Fahrers für Autobahnfahrten und eine hohe Gebrauchstauglichkeit des *Conduct-by-Wire*-Systems gezeigt werden. Das System würde von den Probanden hauptsächlich für Routine- und besonders anstrengende Fahrten eingesetzt. Nicht untersucht wurden bisher Fahrten, die auch komplexere Interaktionen mit dem System erfordern (z.B. Kreuzungssituationen). Da diese Interaktionen in der vorliegenden Arbeit detailliert untersucht werden sollen (siehe 1.1), erfolgt im nächsten Kapitel zunächst die Klärung des Begriffs „Interaktion“.

2.2 Interaktion

In diesem Kapitel werden zunächst die Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept diskutiert und für diese Arbeit definiert (siehe Kapitel 2.2.1). Anschließend wird in Kapitel 2.2.2 ein allgemeiner Überblick über Gestaltungs- und Bewertungsmöglichkeiten von Interaktion im Fahrzeug gegeben und auf die manöverbasierte Fahrzeugführung übertragen.

2.2.1 Definition Interaktion und Interaktionskonzept

Der Begriff Interaktion setzt sich etymologisch aus den Teilbegriffen „*inter*“ und „*actio*“ zusammen, die sich mit „*zwischen, inmitten, während, unter*“ sowie „*Handlung*“ übersetzen lassen (Freudig, 2001, vgl. auch Dudenredaktion, 2007). Im allgemeinen Duden der deutschen Rechtschreibung wird Interaktion als „*aufeinander bezogenes Handeln zweier oder mehrerer Personen*“ bzw. als „*Wechselbeziehung zwischen Handlungspartnern*“ verstanden (Dudenre-

daktion, 2010). Der Brockhaus beschreibt Interaktion allgemeinsprachlich als „*Kommunizieren, aufeinander bezogenes Handeln zwischen zwei oder mehreren Personen*“ (Brockhaus, 2006). In den Sozialwissenschaften wird Interaktion als die „Wechselbeziehung zwischen den Individuen und einer gesellschaftlichen Gruppe oder der Gesellschaft insgesamt“ beschrieben (Brockhaus, 2006). Ergänzend findet laut (Freudig, 2001) (soziale) Interaktion dann statt, „*wenn es zur aufeinander bezogenen Aktion und Reaktion kommt, d.h., wenn sich Interaktionspartner in ihrem Verhalten mit Hilfe von Signalen und Symbolen wechselseitig beeinflussen und verständigen*“. (Schmidt, 2004) hingegen beschreibt die Interaktion als „*Fachausdruck für Wechselbeziehungen zwischen Individual- oder Kollektivakteuren oder zwischen Systemen, wie Politik und Wirtschaft*“. In der Biologie wird, aus physiologischer Sicht, Interaktion als „*die Wechselwirkung verschiedener Teilsysteme, z.B. zwischen dem Nervensystem und dem Hormonsystem*“ verstanden (Freudig, 2001). Ökologisch betrachtet kann Interaktion zusätzlich als „*Wirkung der Organismen (Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen) aufeinander*“ bezeichnet werden (Schaefer, 2012). In der Medizin wird Interaktion als die „*gegenseitige Beeinflussung verschiedener Arzneimittel oder von Arznei-, Lebens- oder Genussmitteln*“ definiert (Brockhaus, 2006; vgl. auch Freudig, 2001 und Meissner, 2013). Auch in der Physik ist die gegenseitige Beeinflussung das zentrale Element der Definition von Interaktion. Betrachtet werden hier allerdings hauptsächlich Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen (vgl. Goetz, 2010 und Schnatterly, 1994). In den Ingenieurwissenschaften und der Informatik wird die „*wechselseitige Beeinflussung von Mensch und Maschine*“ als Interaktion bezeichnet (Weiss & Kilian, 2003). Hierbei ist das Ziel, die „*Aufgaben im Dialog mit dem Anwender zu lösen*“ (Weiss & Kilian, 2003). Weiterhin wird Interaktion als „*wechselseitiges Handeln*“ verstanden, das durch „*Dialog und / oder Daten-Manipulation zwischen Menschen, Prozessen, Geräten usw.*“ definiert ist (Fischer & Hofer, 2011). Die DIN EN ISO 9241-110 definiert Interaktion indirekt als Dialog „*zwischen einem Benutzer und einem interaktiven System*“.

Auffällig bei der Betrachtung der genannten Definitionen ist, dass alle eine Beschreibung für eine Art Beziehung zwischen mindestens zwei Partnern enthalten. Hierbei unterscheidet sich die Art der Partner je nach Fachgebiet. Während in den ingenieurwissenschaftlichen Definitionen von Menschen, Maschinen und Prozessen die Rede ist, beschäftigen sich z.B. die biologischen Definitionen mit Pflanzen und Tieren. Im Gegensatz zu den unterschiedlichen Interaktionspartnern, wird die Beziehung zwischen diesen in allen Definitionen weitgehend gleich, als Wechselbeziehung bzw. –wirkung, oder als aufeinander bezogenes bzw. wechselseitiges Handeln, beschrieben. Durch diese Beziehung wirken die Partner so aufeinander ein,

dass sie sich gegenseitig und / oder andere beeinflussen. Zusätzlich können hierdurch, wie in den medizinischen Definitionen beschrieben, auch vollständig neue Wirkungen bzw. Interferenzen entstehen.

Im Bereich der manöverbasierten Fahrzeugführung sind die Interaktionspartner, analog zu den ingenieurwissenschaftlichen Definitionen, Mensch und Maschine bzw. Mensch und Fahrzeug. Beide Interaktionspartner tauschen während der Fahrt wechselseitig Informationen aus und handeln aufeinander bezogen (vgl. Rassl, 2004). Beispielsweise bietet das Fahrzeug dem Fahrer aktuell verfügbare Manöver über die Mensch-Maschine-Schnittstelle an, die dieser nach dem Entscheidungsprozess zur Ausführung an das Fahrzeug zurückgibt. Für diese Arbeit wird Interaktion wie folgt definiert:

Interaktion, im Sinne der manöverbasierten Fahrzeugführung, ist das aufeinander bezogene Handeln von Fahrer und Fahrzeug..

Die wechselseitige Beeinflussung (z.B. durch eine Handlung eines Interaktionspartners) findet hierbei über die Mensch-Maschine-Schnittstelle statt, die die Rolle des Vermittlers einnimmt (vgl. Bruder & Didier, 2012). Hierzu gehören neben den Anzeige- und Bedienelementen auch alle anderen Elemente, über die Informationen uni- oder bidirektional ausgetauscht werden (z.B. der Fahrersitz) (vgl. ACEA, 2009; DIN EN ISO 9241-210; Rassl, 2004). Bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle muss sich der Entwickler Gedanken über die physische Beschaffenheit und Anordnung von Anzeigen sowie Bedienelementen machen. Zusätzlich muss die Interaktion mit dieser Schnittstelle festgelegt werden (z.B. Bedienung eines Touchscreens über Schaltflächenberührungen oder komplexe Gesten) (vgl. ACEA, 2009). Hieraus ergibt sich das Interaktionskonzept, das für diese Arbeit wie folgt definiert ist:

Unter einem Interaktionskonzept wird die Anordnung der Bedien- und Anzeigeelemente zueinander sowie die Gestaltung der Interaktion mit diesen Elementen verstanden.

Im nächsten Kapitel wird sich nun der Frage gestellt, wie Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug bewertet werden können.

2.2.2 Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion für die manöverbasierte Fahrzeugführung

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Begriffe „Interaktion“ und „Interaktionskonzept“ für diese Dissertation definiert wurden, soll in diesem Kapitel ein Überblick über Gestaltungs- und Bewertungsmöglichkeiten für Interaktion gegeben werden. Hierbei wurde die Recherche, aufgrund der eingeschränkten Literaturverfügbarkeit, zunächst nicht auf die für diese Arbeit vorgestellten Definitionen beschränkt, sondern bewusst auf allgemeine Mensch-Maschine-Interaktionen erweitert. In Kapitel 2.2.2.1 werden hierfür allgemein gültige Richtlinien, Normen und Standards zur Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Schnittstellen zusammenfassend dargestellt. Anschließend findet in Kapitel 2.2.2.2 eine Diskussion und Übertragung der zusammengefassten Gestaltungs- und Bewertungsmöglichkeiten auf den Anwendungsbereich dieser Arbeit statt. Eine Empfehlung für diese Vorgehensweise findet sich unter anderem in DIN EN ISO 9241-110 sowie in DIN EN ISO 9241-410.

2.2.2.1 Standards & Richtlinien für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug

Für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion existieren gegenwärtig eine Reihe von allgemein anerkannten Normen, Standard- & Richtlinienwerken. Alle Werke werden in diesem Kapitel detailliert betrachtet und die darin enthaltenen Bewertungsbereiche, Empfehlungen und Messgrößen zusammengefasst. Nach jeder Zusammenfassung werden die Inhalte hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zur Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug diskutiert und mit Hilfe der grundlegenden Gestaltungsempfehlungen der allgemeinsten Norm, der DIN EN ISO 9241-110, klassifiziert. Die Darstellungsreihenfolge der Standards und Richtlinien stellt keine Priorisierung dar, sondern orientiert sich an deren Detaillierungsgrad.

Am Ende des Kapitels werden die identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche schließlich in Tabelle 2-2 (Gestaltungsempfehlungen und Voraussetzungen) und Tabelle 2-3 (Messgrößen) zusammengefasst. Eine Gesamttabelle findet sich in Anhang A.

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (DIN EN ISO 9241-110). Die Norm befasst sich mit Grundsätzen für die ergonomische Gestaltung des Dialoges zwischen einem Benutzer und einem interaktiven System. Die Grundsätze werden hierbei ohne Bezug zur Arbeitssituation, Anwendung, Arbeitsumgebung oder

Technik allgemein dargestellt. Es wird angemerkt, dass nicht in jedem Nutzungskontext alle Grundsätze gleichermaßen anwendbar sind. Weiterhin können sich die Inhalte der Grundsätze inhaltlich überlappen und/oder beeinflussen, sodass bei der Anwendung immer eine Abwägung der Inhalte stattfinden sollte. Die beschriebenen Grundsätze der Dialoggestaltung sind:

Aufgabenangemessenheit. *„Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, [...]“.* Es wird beschrieben, dass dem Nutzer nur Informationen angezeigt werden sollten, die im Zusammenhang mit der erfolgreichen Erledigung der Arbeitsaufgabe stehen. Hierbei sollte die Form der Ein- und Ausgabe der Arbeitsaufgabe angepasst und typische Werte voreingestellt sein. Die verlangten Dialogschritte sollten weiterhin zum Arbeitsablauf passen und nicht unnötig sein.

Selbstbeschreibungsfähigkeit. *„Ein Dialog ist in dem Maße selbstbeschreibungsfähig, in dem für den Benutzer zu jeder Zeit offensichtlich ist, in welchem Dialog, an welcher Stelle im Dialog er sich befindet, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden.“* Hierfür sollten die angezeigten Informationen den Nutzer anleiten, den Dialog erfolgreich abzuschließen und über Zustandsänderungen informieren. Die Notwendigkeit von Benutzerhandbüchern und anderen externen Informationen sollte minimiert werden und die Interaktion hierfür offensichtlich gestaltet sein.

Erwartungskonformität. *„Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht.“* Um einen erwartungskonformen Dialog zu gestalten, sollte das Vokabular des Nutzers verwendet werden und Informationen nutzergerecht strukturiert sowie objektiv formuliert sein. Systemrückmeldungen sollten unmittelbar erfolgen bzw. der Nutzer über längere Wartezeiten informiert werden. Es ist weiterhin darauf zu achten, dass das Dialogverhalten und die Informationsdarstellung innerhalb eines interaktiven Systems konsistent gestaltet sind.

Lernförderlichkeit. *„Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt und anleitet.“* Hierfür sollten lernförderliche, dem System zugrundeliegende Regeln bzw. Konzepte dem Anwender zugänglich gemacht werden. Hierbei ist zu beachten, dass unterschiedlich erfahrene Nutzer unterschiedlichen Unterstützungsbedarf haben. Weiterhin sollten selten benötigte Dialoge den Nutzer besonders stark bei der Bearbeitung unterstützen. Das Erlernen der Bedienung des interaktiven Systems

wird zudem unterstützt, wenn Arbeitsaufgaben bereits mit minimalem Lernaufwand ausführbar sind und der Dialog bei Bedarf um zusätzliche Optionen erweiterbar ist.

Steuerbarkeit. *„Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.“* Hierfür sollte der Nutzer zu jedem Zeitpunkt die Geschwindigkeit der Interaktion bestimmen können. Falls die Arbeitsaufgabe ein Abbruch möglich macht, sollte der Nutzer jederzeit die Möglichkeit haben, den Dialog zu unterbrechen und fortzusetzen. Weiterhin sollte jedes verfügbare Ein- und Ausgabegerät nutzbar sein, um das Dialogziel zu erreichen.

Fehlertoleranz. *„Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann.“* Hierfür sollte der Nutzer bei der Fehlererkennung und –behebung unterstützt werden. Zusätzlich sollte verhindert werden, dass eine Nutzerhandlung zu einem undefinierten Systemzustand führt. Bei einer automatischen Fehlerkorrektur sollte der Nutzer über eine automatische Änderung informiert werden und die Möglichkeit haben die Korrektur rückgängig zu machen.

Individualisierbarkeit. *„Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.“* Hierzu sollte ein Dialog bzw. ein interaktives System an die Kultur, Sprache sowie Kenntnisse des Nutzers und/oder an weitere Benutzerbelange anpassbar sein. Weiterhin sollte auch die Geschwindigkeit von dynamischen Eingaben veränderbar sein. Wenn die Arbeitsaufgabe es zulässt, sollten unterschiedliche Dialogtechniken und Interaktionsmethoden zur Auswahl stehen. Weiterhin kann ein Dialog individualisierbar gestaltet werden, wenn der Nutzer eigene Funktionen hinzufügen oder für ihn nicht benötigte Dialogschritte entfernen kann.

Obwohl die Grundsätze nicht direkt für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug entwickelt wurden, lassen sie sich aufgrund ihrer Allgemeinheit auch in diesem Bereich anwenden. Für die für diese Arbeit relevanten sicherheitskritischen Eingaben im Fahrzeug sollte der Fokus vor allem auf steuerbaren, aufgabenangemessenen und fehlertoleranten Dialogen liegen. Die restlichen Grundsätze sollten aber ebenfalls beachtet und angewandt werden.

Convention on Road Traffic (UNECE, 1968). Der Fokus der *Convention on Road Traffic* liegt nicht auf der Gestaltung oder gar Bewertung von Interaktion in Fahrzeugen. Es werden allerdings allgemeingültige Regeln aufgestellt, die sich zur Gestaltung und Bewertung von Fahrerassistenzsystemen und Interaktionskonzepten heranziehen lassen. Fahrer sollten hiernach das Wissen und die mentale Verfassung mitbringen, um ihr Fahrzeug führen zu können (explizit ausgenommen sind noch in der Fahrschule befindliche Fahranfänger). Zudem sollten Fahrer zu jeder Zeit ihr Fahrzeug kontrollieren können.

Für die Interaktion im Fahrzeug ergibt sich hieraus die Forderung, dass der Fahrer jederzeit mit den benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs versorgt werden muss. Weiterhin lässt sich ableiten, dass die Interaktion mit dem Fahrzeug zu jedem Zeitpunkt möglich sein muss.

Nahezu alle genannten Bereiche lassen sich in die Grundsätze der Dialoggestaltung (DIN EN ISO 9241-110) einordnen. Die einzige Ausnahme bildet die Forderung nach der notwendigen mentalen Verfassung des Fahrers, ein Fahrzeug zu führen. Um die mentale Verfassung des Fahrers und deren Änderung beurteilen zu können, sind Messgrößen zur Beanspruchung des Fahrers notwendig, die in den Grundsätzen der Dialoggestaltung nicht vorgesehen sind. Die Bewertungsgrundsätze werden daher für diese Arbeit um die Kategorie Beanspruchung erweitert (vgl. Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3)

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte (DIN EN ISO 9241-400). In der DIN werden allgemeine ergonomische Grundsätze für die Gestaltung und Benutzung von physikalischen Eingabegeräten aufgestellt. Hiernach sollten Eingabegeräte angemessen für die vorgesehenen Benutzer, die auszuführenden Aufgaben und die vorgesehene Nutzungsumgebung sein. Weiterhin muss ein Eingabegerät handhabbar (eindeutig, vorhersehbar, konsistent und nutzerkompatibel) sein und angemessene, rechtzeitige sowie konsistente Rückmeldungen vermitteln. Als weitere Anforderung wird die Steuerbarkeit des Eingabegeräts genannt, die sich aus den Bereichen Ansprechbarkeit, Störungsfreiheit des eigenen Gebrauchs sowie der Zuverlässigkeit zusammensetzt. Zusätzlich muss unter Berücksichtigung der Haltung des gesamten Körpers die biomechanische Belastung bei der Bedienung minimiert werden.

Auch die in DIN EN ISO 9241-400 genannten Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte wurden nicht explizit für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-

Maschine-Interaktion im Fahrzeug formuliert. Sie können allerdings durch den allgemeinen Charakter trotzdem angewendet werden. Weiterhin lassen sich die meisten Inhalte in die bisherigen Bewertungsbereiche klassifizieren. Ein in dieser Arbeit bisher nicht betrachteter Bewertungsbereich stellt die Positionierung von Ein- und Ausgabeelementen im Fahrzeug dar. Da die Position von Ein- und Ausgabeelemente direkten Einfluss auf die Mensch-Maschine-Interaktion hat, wird dieser Bewertungsbereich ergänzt (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

In DIN EN ISO 9241-410 und DIN EN ISO 9241-420 werden die Grundsätze und Anforderungen der DIN EN ISO 9241-400 erneut aufgegriffen und gleichwertig beschrieben. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf eine separate Zusammenfassung dieser Normen verzichtet.

Design Guidelines for Safety of In-Vehicle Information Systems (Stevens, Qimby, Board, Kersloot & Burns, 2002). Die Veröffentlichung enthält Messgrößen und Richtlinien zur Bewertung und Gestaltung von sicheren und ergonomischen Fahrerinformationssystemen. Nicht im Fokus der Betrachtung stehen ADAS (*advanced driver assistance systems*) und reine Unterhaltungssysteme. Die Autoren weisen allerdings darauf hin, dass die Richtlinien zum Großteil übertragbar sind.

Die vorgeschlagenen Messgrößen werden in die Kategorien Leistung des Systems [*system performance*] und Leistung des Fahrers und des Fahrzeugs [*driver and vehicle performance*] eingeteilt. Die Leistung des Systems wird hierbei beurteilt mit den Größen Effizienz [*efficiency*] und Beanspruchung des Fahrers [*driver workload*]. Für die Beurteilung der Effizienz werden die Messgrößen Anzahl der Schaltflächenbetätigungen [*number of button presses*], Anzahl der Fehler [*number of errors*], Anteil der erfolgreichen Aufgaben [*task success rate*] sowie Aufgabenbearbeitungszeit [*task completion time*] vorgeschlagen. Die Beanspruchung des Fahrers kann nach den Autoren subjektiv über Fragebögen (Usability- und Brauchbarkeitsbewertungen [*usability and usefulness ratings*]), über die Leistung beim Erfüllen einer Nebenaufgabe [*secondary task performance*] sowie über psychophysiologische Messungen (z.B. Herzrate bzw. deren Veränderung) ermittelt werden. Die Leistung des Fahrers ist bewertbar über das Blickverhalten [*eye movement behaviour*] (mittlere und maximale Blickdauer [*mean and maximum glance duration*], Blickabwendungszeiten von der Straße [*eyes off road time*] nach Wierwille, 1993) und das Situationsbewusstsein des Fahrers [*situation awareness*] nach (Endsley, 1995) sowie über die Reaktionszeit nach bestimmten Ereignissen [*reaction time to events*]. Weiterhin wird empfohlen die Veränderung der Größen Spurpositi-

on [*lane position variance*] nach (Tijerina, Kiger, Rockwell & Wierwille, 1996), ungeplantes Verlassen des Fahrstreifens [*unplanned lane departures*], Lenkumkehrungen [*steering reversals*], Lenkrad- und Geschwindigkeitsentropie [*steering and speed entropy*], (mittlere) Fahrzeuggeschwindigkeit [*mean speed, speed variance*], (minimaler) Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug [*minimum headway and headway variance*], minimale Zeit bis zu einer Kollision [*time to collision*] zum vorausfahrenden Fahrzeug, Anzahl kritischer Situationen und Unfälle [*number of critical incidents and crashes*] sowie Aufprallgeschwindigkeit bei Unfällen [*speed on impact*] zu betrachten.

In den Richtlinien für die Entwicklung der Fahrerinformationssysteme wird eine einfach zu erreichende Position der Eingabeelemente empfohlen. Wichtige Bedienelemente sollten hierbei am einfachsten zu erreichen und zu bedienen sein. Bei der Positionierung ist darauf zu achten, dass sie keine anderen Anzeige- und Bedienelemente verdecken und so platziert werden, dass eine unbeabsichtigte Betätigung weitgehend vermieden wird. Bei Schaltflächen wird hierfür ein Mindestabstand von 2,5cm der Schaltflächenmittelpunkte empfohlen. Weiterhin ist darauf zu achten, dass der Arm des Bedienenden während der Interaktion nicht das zugehörige oder andere wichtige Anzeigeelemente verdeckt. Eingabeelemente sollten zudem gängigen Richtungskonventionen folgen (genannt wird z.B.: im Uhrzeigersinn entspricht hoch, rechts oder erhöhen).

Optische Anzeigeelemente sollten möglichst nahe an der geraden Sichtlinie des Fahrers positioniert werden, ohne andere Bedien- und Anzeigeelemente oder die Fahrzeugumgebung zu verdecken. Das zugrundeliegende Ziel hierbei sind Blickabwendungszeiten von etwa 1s und maximal 1,5s (nach Wierwille, 1993). Für wichtige Informationen wird eine Anzeigeposition innerhalb von 15° horizontal und 15° vertikal (Winkel zwischen der geraden Sichtlinie und einer zweiten, durch den Augpunkt verlaufenden Gerade) von der geraden Sichtlinie empfohlen. Bei der Positionierung ist auch darauf zu achten, dass Blendungen sowie Reflexionen vermieden werden und keine Fahrzeugvibrationen auf die Anzeige übertragen werden. Das optische Anzeigeelement ist so auszuwählen, dass mindestens ein Kontrastverhältnis von 3:1 (empfohlen 5:1) erreicht wird und das Bild nicht flackert (empfohlene Bildwiederholungsrate von mindestens 90Hz).

Die Dialoge zwischen dem System und dem Fahrer sollten so gestaltet sein, dass der Fahrer jederzeit die Dialoggeschwindigkeit bestimmt, Dialoge abbrechen und an einem logischen Punkt wieder aufnehmen kann. Es ist weiterhin darauf zu achten, dass Systemantworten in

angemessener Zeit und maximal nach 250ms angezeigt werden. Alle Informationen sollten eine einfache und vom Nutzer verstandene Sprache bzw. Symbolik verwenden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass Anweisungen in einer logischen Reihenfolge formuliert werden (genannt wird das Beispiel „In einer halben Meile links abbiegen.“ anstatt „Links abbiegen in einer halben Meile.“). Bei Menüstrukturen sollte eine möglichst flache Hierarchie mit wenig finalen Auswahlmöglichkeiten angestrebt werden, indem unnötige Informationen und Auswahlsschritte weggelassen werden. Weiterhin sollten Funktionen, die für die Benutzung im stehenden Fahrzeug konzipiert sind, als solche gekennzeichnet werden und während der Fahrt unzugänglich sein.

Numerisch dargestellte Informationen sollten in verständlichen und leicht auf das Verkehrsgeschehen übertragbaren Einheiten angezeigt werden. Für die Darstellung von Schriftzeichen werden Schriftarten ohne Serifen empfohlen (genannt werden Arial, Helvetica) wobei insgesamt maximal zwei verschiedene Schriftarten verwendet werden sollten. Bei dem Einsatz von Farben sollten typische Bedeutungen eingehalten werden (rot für Gefahr, gelb für Warnungen, weiß für Informationen), wobei maximal fünf verschiedene Farben eingesetzt werden sollten. Die Kombinationen rot/grün und blau/gelb sollten aufgrund von möglichen Farbblindheiten vermieden werden. Farben und deren Bedeutungen sollten zudem über das gesamte Fahrzeug konsistent verwendet werden.

Akustische Anzeigen können immer dann verwendet werden, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrers erregt werden soll und die zu vermittelnden Informationen kurz und einfach sind. Sie sollten bestenfalls mit optischen Anzeigen kombiniert werden und so ausgelegt sein, dass sie gut verstanden aber wichtige Umgebungsgeräusche nicht überdeckt werden (empfohlen werden 50dB(A) bis 90dB(A) bei 500Hz bis 4000Hz).

Der Einsatz von Touchscreens wird nicht empfohlen, da keine erweiterte taktile Rückmeldung erfolgt und daher der Blick bei der Bedienung auf das Display gerichtet sein muss. Spracherkennungen müssen mindestens eine Erkennungsleistung von 98% aufweisen und eine dem Nutzer angepasste Sprache verwenden. Bei der Verwendung von Head-up-Displays ist darauf zu achten, dass die dargestellten Informationen wichtige Umgebungsinformationen nicht verdecken. Weiterhin sollten nur wenige Informationen in einfacher Form dargestellt werden um den Fahrer nicht abzulenken.

Es wird allgemein angemerkt, dass Nutzer ihre Systeminteraktionen mit zunehmender Erfahrung verändern und/oder an das System anpassen. Um diese Änderung zu verfolgen und die Interaktion zu bewerten sind daher Langzeitstudien unumgänglich.

Die genannten Empfehlungen und Messgrößen sind weitgehend auf die allgemeine Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug übertragbar. Ergänzend zu den bisherigen Bewertungsbereichen werden in dieser Veröffentlichung Brauchbarkeitsratings empfohlen. Hierfür wurden die Bewertungsbereiche dieser Arbeit um die Kategorie Akzeptanz erweitert (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006). In der Veröffentlichung finden sich Richtlinien und Empfehlungen für die Entwicklung von Fahrerinformations- und -kommunikationssystemen die während der Fahrt verwendet werden. Bei der Betrachtung werden ADAS und einzelne Anzeigetechnologien wie z.B. Head-up-Displays explizit ausgeschlossen. Es wird aber angemerkt, dass die Empfehlungen auch für die Entwicklung dieser Systeme unter Umständen herangezogen werden können.

Des Weiteren wird empfohlen, dass die Systeme nicht im Sichtfeld des Fahrers positioniert werden und keine anderen Anzeigen und Bedienelemente verdecken. Zusätzlich sollten Anzeigen mit relevanten Informationen für die primäre Fahraufgabe so nah wie möglich an die gerade Sichtlinie des Fahrers herangerückt werden. Der maximale Abweichungswinkel der Displaymitte zur geraden Sichtlinie des Fahrers wird mit 30° angegeben. Weiterhin soll die Position und die Technik des Displays so gewählt werden, dass Reflektionen und Blendungen vermieden werden. Der Fahrer soll zudem in der Lage sein, die gewünschte Aufgabe so auszuführen, dass ein einzelner Blick auf das Anzeigesystem 2s und die Gesamtzeit der Blicke bis zur Aufgabenerfüllung 20s nicht übersteigt. Während der Bedienung soll der Fahrer zudem in der Lage sein, die laterale Position des Fahrzeugs im Fahrstreifen und den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu halten und hierzu immer eine Hand am Lenkrad belassen können.

Beim Einsatz von Symbolen, Text und Akronymen sollte darauf geachtet werden, dass auf allgemein bekanntes zurückgegriffen und das Vokabular der Zielgruppe verwendet wird. Die Präsentation der Informationen sollte inhaltlich korrekt, nicht unangemessen zeitlich versetzt

zur Fahraufgabe und zeitlich wahrnehmbar erfolgen. Der Fahrer sollte die Dialoggeschwindigkeit zu jeder Zeit kontrollieren, Dialoge abrechnen und an einem logischen Punkt wieder aufnehmen können. Werden Töne zur Information des Fahrers eingesetzt, ist darauf zu achten, dass keine wichtigen Umgebungsgeräusche verdeckt werden und der Fahrer nicht abgelenkt wird oder sich erschrickt. Zusätzlich sollten nicht sicherheitsrelevante Informationen abschaltbar sein bzw. sich während der Fahrt selbst abschalten.

Die von den Empfehlungen angesprochenen Bereiche sind auch für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und die Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug zentral. Alle Empfehlungen können vollständig in die bisher in der Arbeit identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche integriert werden (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

Commission recommendation on safe and efficient in-vehicle information and communication systems (European Commission, 2008). Die Veröffentlichung beschäftigt sich mit grundlegenden Prinzipien, die mindestens erfüllt sein müssen, um eine sichere und effiziente Fahrerinformation und -kommunikation zu ermöglichen. Auch wenn der Fokus der Prinzipien nicht auf der Entwicklung und Bewertung von Assistenzsystemen und der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug liegt, wird angemerkt, dass einige der Prinzipien in diesen Bereichen ebenfalls unterstützen können. Zusammenfassend soll das Fahrerinformations- und/oder -kommunikationssystem fest und ohne Verdeckung anderer Bedien- und Anzeigeelemente so im Fahrzeug installiert sein, dass während der Bedienung eine Hand am Lenkrad verweilen kann. Bei der Positionierung ist darauf zu achten, dass das System nicht im primären Sichtfeld des Fahrers platziert wird. Es wird allerdings ebenfalls angemerkt, dass das System so nah wie möglich an die Sichtlinie des Fahrers herangerückt werden sollte, um eine periphere Wahrnehmung relevanter Informationen auf dem Display oder in der Umgebung zu ermöglichen. Als Bewertungskriterien der Position und des dargestellten Inhalts werden hier die Blickdauer auf das Gerät und die Blickfrequenz zum Gerät genannt, die beide zu minimieren sind. Zudem sollen visuelle Displays so gestaltet sein, dass Blendungen und Reflektionen vermieden werden. Für die angezeigten Informationen sollten allgemein bzw. im Kontext bekannte Icons, Akronyme und Formulierungen verwendet werden, die dem Fahrer rechtzeitig und ausreichend lange angezeigt werden. Sicherheitskritische Informationen sind hierbei zu priorisieren. Werden akustische Anzeigen verwendet, so muss die Lautstärke so eingestellt werden, dass wichtige Umgebungsgeräusche nicht überdeckt werden können. Weiterhin sollte der Fahrer die Möglichkeit haben, die Lautstärke selbst zu wählen. Alle Dialoge

sollten generell so kurz wie möglich gestaltet werden. Zudem sollten Dialoge zu jedem Zeitpunkt unterbrech- und anschließend fortführbar sein. Die Dialoggeschwindigkeit sollte immer vom Fahrer bestimmt werden. Hiervon sind explizit Situationen ausgenommen, in denen die angezeigten Informationen direkten Bezug zur Verkehrssituation haben (z.B. Anzeige der Fahrzeuggeschwindigkeit).

Die genannten Prinzipien lassen sich auch für die Gestaltung und Bewertung der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug verwenden bzw. übertragen. Alle genannten Prinzipien und Messgrößen lassen sich direkt einer der in dieser Arbeit bisher identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche zuordnen (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

Ergonomische Aspekte von Verkehrsinformations- und Assistenzsystemen - Anforderungen und Konformitätsverfahren für die Ausgabe auditiver Informationen im Fahrzeug (DIN EN ISO 15006). Die *ISO-Norm 15006* enthält ergonomische Spezifikationen für die Gestaltung und Installation von Systemen für die auditive Darstellung von Sprach- und Toninformationen während des Fahrvorgangs. Es wird darauf hingewiesen, dass die Norm unter Umständen auch angewendet werden kann, wenn das Fahrzeug nicht in Bewegung ist. Bei der Gestaltung der Tonsignale von auditiven Darstellungen ist darauf zu achten, dass die Hauptkomponente des hörbaren Frequenzbereichs zwischen 400 und 2000Hz liegt. Weiterhin ist darauf zu achten, dass das Signal im Verhältnis zu Umgebungsgeräuschen möglichst gut hörbar ist. Als Mindesthörbarkeit wird ein Signal-zu-Umgebung Abstand von mindestens 1,3dB-SPL (*sound pressure level*; Schalldruckpegel) angegeben. Zu laute (Messgröße: Lautheit, Einheit: Sone) oder unerwartete bzw. unbekannte Signale können allerdings Abwehr- oder Angstreaktionen hervorrufen und sind daher zu vermeiden. Informationen können allgemein mittels Sprache, nichtsprachbasiert oder kombiniert codiert werden. Bei nichtsprachlicher Codierung ist darauf zu achten, dass die Anzahl der unterschiedlichen Signale hinsichtlich der Verständlichkeit begrenzt wird. Zudem sollten redundante visuelle Informationen zu besseren Verständlichkeit angezeigt werden. Bei sprachcodierten Signalen ist darauf zu achten, dass die verfügbare Zeit ausreicht, um die Meldung vollständig zu hören und zu verstehen. Es sollte ein einheitliches und einfaches Vokabular verwendet werden, das zu den visuell dargestellten Informationen konsistent ist. Sicherheitskritische Meldungen dürfen nicht ausschließlich auditiv ausgegeben werden. Es wird empfohlen, dass zusätzlich visuell, haptisch und/oder kinästhetisch informiert wird.

Die in der Norm angegebenen Gestaltungsempfehlungen sind für die allgemeine Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug nutzbar. Auch die in dieser Norm enthaltenen Bewertungskriterien sind bereits in die bisher identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche integrierbar (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

DIN EN ISO 15008:2009 - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen - Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug (DIN EN ISO 15008). Die *ISO-Norm 15008* beschäftigt sich mit den Mindestanforderungen an die Bildqualität und Lesbarkeit von Anzeigen von visuellen Informationen in Fahrzeugen. Die Beurteilung der Anzeigen erfolgt generell in vier Lichtverhältnissen, die in der Norm definiert sind: Nacht, Zwielicht, Tag mit diffusem Umgebungslicht und Tag mit direktem Sonnenlicht. Für jede Lichtsituation wird hierbei ein Messverfahren angegeben und die erforderlichen Kontrastverhältnisse definiert. Weiterhin wird für die Darstellung von alphanumerischen Zeichen Empfehlungen für die Zeichenhöhe und -breite sowie für den Zeichenabstand gegeben. Reflexionen und Spiegelungen sollten für den Fahrer auf ein Minimum reduziert werden und das angezeigte Bild kein Flimmern oder eine räumliche Instabilität aufweisen. Eine blinkende Darstellung sollte nur eingesetzt werden, um die Aufmerksamkeit des Fahrers zu erzielen. Hierfür wird eine Blinkfrequenz von 1/3Hz bis 1Hz (Informationsinhalt soll lesbar sein) bzw. 1Hz bis 5Hz (Informationsinhalt soll nicht lesbar sein) empfohlen.

Die beschriebenen Gestaltungsempfehlungen und Messmethoden sind für die allgemeine Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug nutzbar. Bestimmte Technologien werden allerdings ausgeschlossen (z.B. Head-up-Displays). Die Inhalte können erneut direkt in die bisher identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche integriert werden (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

DIN EN ISO 17287:2003 – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen – Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeugs (DIN EN ISO 17287). Die *ISO-Norm 17287* beschäftigt sich mit der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Verkehrsinformations- und -regelsystemen, die den Fahrer bei primären und sekundären Fahraufgaben unterstützen. Hierbei werden keine spezifischen Messgrößen empfohlen, aber die grundlegenden Bewertungsbereiche aufgezeigt: die Beeinträchtigung des Fahrers während dem Erfüllen der Fahraufgabe,

die Steuerbarkeit und Bedienungsfreundlichkeit des Systems, Beanspruchung sowie die Leistung des Fahrers während der Bedienung, die Erlernbarkeit des Systems, die Blickbewegungen des Fahrers, die Veränderung des Fahrerverhaltens während der Nutzung, Zeit zur Bewältigung einer Aufgabe sowie die bei der Aufgabebearbeitung aufgetretenen Fehler. Zusätzlich werden an einem Beispiel messbare Größen zur Beurteilung der Fahrerleistung angegeben: die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit, die Standardabweichung der Geschwindigkeit, die Zeitlücke und die Zeit bis zu einer Kollision [*time to collision, TTC*] zum vorausfahrenden Fahrzeug, die Standardabweichung des Lenkradwinkels, die Lenkamplitude, die Lenkradrückstellrate, die Zeit bis zum Überfahren der Fahrstreifenmarkierung [*time to lane crossing, TLC*], das Fahren außerhalb der Fahrbahngrenze sowie die Wahrnehmung der Straßenszene.

Die genannten Bewertungsbereiche sind vollständig auf die Bewertung von Interaktion im Fahrzeug übertragbar und in die bisher identifizierten Bereiche integrierbar (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

DIN EN ISO 15005:2002 – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen – Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements (DIN EN ISO 15005). Die *ISO-Norm 15005* beschreibt ergonomische Prinzipien für die Entwicklung von Dialogen zwischen Fahrer und Fahrzeug. Um die Eignung eines Dialogs zu beurteilen, werden die Bewertungsbereiche Kompatibilität mit der Fahrzeugführung, Einfachheit, Timing/Prioritäten, Konsistenz, Kontrollierbarkeit, Selbsterklärungsfähigkeit, Konformität mit Fahrererwartungen sowie Fehlertoleranz empfohlen. Zusammenfassend sollten die Dialoge so gestaltet sein, dass der Fahrer zu jeder Zeit mindestens eine Hand am Lenkrad lassen kann. Weiterhin sollen Funktionen, die nicht für den Gebrauch während der Fahrt vorgesehen sind, bei Fahrzeugbewegung unzugänglich oder inoperabel sein. Um den Dialog einfach zu halten, soll die Informationsmenge auf das Minimum beschränkt sein und den Fahrer so wenig wie möglich ablenken. Hierzu sollen Informationen in kleine und prägnante Einheiten zusammengefasst werden und eine kontinuierlich Ablenkung vermieden werden. Die Geschwindigkeit des Dialogs soll allein vom Fahrer bestimmbar, jederzeit unterbrech- und wiederaufnehmbar sein. Weiterhin soll die nötige Eingabe zur Erreichung des gewünschten Ziels deutlich erkennbar sein. Bei der Dialoggestaltung ist auch darauf zu achten, dass einfaches Vokabular und bekannte Symbole verwendet werden. Im Falle inkorrekt eingaben sollte

das angestrebte Ziel mit keiner oder nur minimaler Fehlerkorrektur weiterhin erreichbar sein und kein undefinierter Systemzustand eintreten.

Zusammenfassend werden in der *ISO-Norm 15005* viele allgemeine Gestaltungsempfehlungen für Dialoge beschrieben, die ebenfalls zu der Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug herangezogen werden können. Die Empfehlungen lassen sich erneut direkt in die bereits identifizierten Gestaltungs- und Bewertungsbereiche einordnen (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS (ACEA, 2009). Der *Code of Practice* soll bei der Entwicklung und Evaluation von ADAS unterstützen. Hierfür werden primär Vorgehensweisen und Checklisten zur Überprüfung des Entwicklungsstandes und des Vorgehens dargestellt. Hierbei wird die Beherrschbarkeit [*controllability*] des Assistenzsystems als Schlüsselanforderung für die Entwicklung identifiziert. Diese sollte innerhalb und an den Systemgrenzen sowie bei Systemfehlern sichergestellt werden. Es wird allerdings angemerkt, dass eine hundertprozentige Beherrschbarkeit nicht existiert. Aus diesem Grund, wird empfohlen, dass die Entwicklungsstände in von Experten als relevant eingestuften Szenarien, mit mindestens 20 Probanden überprüft werden. Zur Beurteilung der Beherrschbarkeit wird sie in 3 Teilbereiche aufgeteilt: Wahrnehmung der Kritikalität der Verkehrssituation durch den Fahrer, Fähigkeit des Fahrers sich für die richtige Gegenmaßnahme zu entscheiden und schließlich auch auszuführen. Zu betrachtende Beurteilungsbereiche sind die Fahrerverablenkung [*driver distraction*], die Augenbewegungen des Fahrers [*eye movement*], die (mentale) Fahrerbeanspruchung [(*mental*) *workload*], das Situationsbewusstsein des Fahrers [*situation awareness*], die Verständlichkeit der Informationen [*comprehensibility*], die Wahrnehmbarkeit der Informationen [*perceptibility*] sowie die Vorhersagbarkeit [*predictability*] und Selbstbeschreibungsfähigkeit [*self-descriptiveness*] des Systems. Zur Beurteilung der Interaktion wird weiterhin eine Interaktionsklassifizierung mit der Hilfe von vier Kategorien vorgeschlagen. Diese Kategorien sind die Dringlichkeit der Interaktion [*urgency*], der Grad der Aufgabenerfüllung [*task fulfilment*], der Zeitbedarf [*time need*] sowie die Interaktionsfrequenz [*interaction frequency*]. Treten Fehler auf, so werden diese beschrieben durch ihre Schwere [*severity*], die Wahrscheinlichkeit entdeckt zu werden [*exposure*] sowie durch ihre Kontrollierbarkeit nach dem Eintreten [*controllability*].

Der *Code of Practice* nennt verschiedene Bereiche für die Bewertung von ADAS sowie die Interaktion mit dem Fahrzeug, die direkt anwendbar sind. Erneut lassen sich alle genannten

Empfehlungen und Messgrößen in die bisherigen Gestaltungs- und Bewertungsbereiche einsortieren (siehe Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3).

Zum Abschluss dieses Kapitels sei erwähnt, dass die Normen (DIN EN ISO 9241-303), (BS ISO 17387), (BS ISO 15622) und (BS ISO 22179) ebenfalls betrachtet wurden. Da sich die darin enthaltenen Bewertungsbereiche mit den bereits dargestellten vollständig decken, wird auf eine separate Darstellung verzichtet. Zur besseren Übersicht werden alle in diesem Kapitel identifizierten Bewertungsbereiche in Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3 zusammengefasst. Die Reihenfolge der Tabelleneinträge stellt hierbei keine Priorisierung dar.

Tabelle 2-2: Zusammenfassung der Gestaltungsempfehlungen und Voraussetzungen für Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug. Die Tabelle ist nach den in Kapitel 2.2.2.1 identifizierten Bewertungsbereichen sortiert.

Bereich	Gestaltungsempfehlung (G) / Voraussetzung (V)	Quelle
Aufgabenangemessenheit	Fahrer hat alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs	G (UNECE, 1968)
	Nur für Aufgabe benötigte Informationen werden angezeigt	G (DIN EN ISO 9241-110), (ISO 15005:2002)
	Flache Menühierarchie mit wenigen Auswahlmöglichkeiten	G (Stevens et al., 2002), (European Commission, 2008)
	Form der Ein- und Ausgabe ist an Aufgabe (z.B. Nutzungsumgebung) angepasst	G (DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 9241-400), (ISO 15005:2002), (ISO 15005:2002)
	Typische Eingabewerte sind voreingestellt	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Dialogschritte passen zum Arbeitsablauf	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Keine unnötigen Dialogschritte vorhanden	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Hohes Situationsbewusstsein	G (Stevens et al., 2002), (ISO 17287:2003), (ACEA, 2009)
	Kontrastverhältnis von mindestens 3:1 (empfohlen 5:1)	G (Stevens et al., 2002)
	Bild flackert nicht (Bildwiederholungsrate mindestens 90Hz)	G (Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 15008:2009)
	Blinkende Darstellung nur zum Lenken der Aufmerksamkeit (1/3Hz bis 1Hz bei lesbarem Inhalt, 1Hz bis 5Hz bei nicht lesbarem Inhalt)	G (DIN EN ISO 15008:2009)
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind während der Fahrt unzugänglich	G (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (ISO 15005:2002)
	Schriftarten ohne Serifen (empfohlen: Arial, Helvetica)	G (Stevens et al., 2002)
	Vermeidung von rot/grün, blau/gelb	G (Stevens et al., 2002)
	Akustische Anzeige: nur, wenn Aufmerksamkeit erregt werden soll und Informationsmenge klein	G (Stevens et al., 2002)
	Akustische Anzeigen mit optischen kombinieren	G (Stevens et al., 2002), (ISO 15006:2011)
Sicherheitskritische Informationen dürfen nicht nur akustisch angezeigt werden	G (ISO 15006:2011)	

	Akustische Anzeigen müssen verstanden werden (50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)	G	(Stevens et al., 2002), (ISO 15006:2011)
	Akustische Anzeigen dürfen wichtige Umgebungsgeräusche nicht überdecken. (50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Akustische Anzeigen dürfen nicht erschrecken	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (ISO 15006:2011)
	Head-up-Displays dürfen wichtige Umgebungsinformationen nicht überdecken	G	(Stevens et al., 2002)
	Nur wenige Informationen in Head-up-Displays	G	(Stevens et al., 2002)
	Keine Touchscreens einsetzen	G	(Stevens et al., 2002)
	Sicherheitskritische Rückmeldungen werden priorisiert	G	(European Commission, 2008), (ISO 15005:2002)
Selbstbeschreibungsfähigkeit	Fahrer hat Wissen zum Führen des Fahrzeugs bzw. es wird ihm vermittelt.	G	(UNECE, 1968)
	Angezeigte Informationen leiten zum erfolgreichen Dialogende	G	(DIN EN ISO 9241-110), (ISO 15005:2002)
	Notwendigkeit von Benutzerhandbüchern und externen Informationen ist minimiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verwendung von Eingabegerät ist eindeutig	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind als solche gekennzeichnet	G	(Stevens et al., 2002)
Erwartungskonformität	Vokabular, Akronyme, Formulierungen des Nutzers verwenden	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15006:2011), (ISO 15005:2002), (ACEA, 2009)
	Bekannte Symbole verwenden	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15005:2002)
	Bekannte Farbcodierungen verwenden	G	(Stevens et al., 2002)
	Maximal 5 verschiedene Farben einsetzen	G	(Stevens et al., 2002)
	Farben werden konsistent eingesetzt	G	(Stevens et al., 2002)
	Informationen nutzergerecht strukturieren	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002)
	Informationen einfach darstellen	G	(Stevens et al., 2002), (ISO 15005:2002)
	Numerische Informationen werden in verständlichen Einheiten angezeigt	G	(Stevens et al., 2002)
	Informationen sind inhaltlich korrekt	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Informationen objektiv formulieren	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Dialogverhalten und Informationsdarstellung ist konsistent	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 9241-400), (ISO 15006:2011), (ISO 15005:2002)
	Systemrückmeldungen erfolgen unmittelbar (maximal nach 250ms).	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Systemrückmeldungen erfolgen rechtzeitig	G	(DIN EN ISO 9241-400), (European Commission, 2008)
	Systemrückmeldungen erfolgen ausreichend lange	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15006:2011), (ACEA, 2009)

	Nutzer werden über längere Wartezeiten informiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät / System ist vorhersehbar	G	(DIN EN ISO 9241-400), (ACEA, 2009)
	Eingabegerät wird konsistent verwendet	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Gängige Richtungskonventionen sind eingehalten	G	(Stevens et al., 2002)
	Maximal zwei Schriftarten	G	(Stevens et al., 2002)
Lernförderlichkeit	Lernförderliche Systemregeln und –konzepte sind für Nutzer zugänglich	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Besondere Unterstützung bei seltenen Dialogen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Arbeitsaufgabe mit minimalem Lernaufwand ausführbar. Erweiterte Optionen bei Bedarf.	G	(DIN EN ISO 9241-110)
Steuerbarkeit	Fahrer hat jederzeit Kontrolle über Fahrzeug	G	(UNECE, 1968)
	Interaktion mit dem Fahrzeug jederzeit möglich	G	(UNECE, 1968)
	Nutzer bestimmt Dialoggeschwindigkeit (gilt nicht für Informationen, die direkten Bezug zur Verkehrssituation haben)	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15005:2002)
	Nutzer kann Dialog unterbrechen und später fortsetzen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15005:2002)
	Jedes Ein- und Ausgabegerät ist nutzbar	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät ist jederzeit ansprechbar	G	(DIN EN ISO 9241-400)
Fehlertoleranz	Nutzer bei Fehlererkennung unterstützen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (ISO 15005:2002)
	Nutzer bei Fehlerbehebung unterstützen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (ISO 15005:2002)
	Keine Nutzerhandlung führt zu undefiniertem Systemzustand	G	(DIN EN ISO 9241-110), (ISO 15005:2002)
	Nutzer wird über automatische Fehlerkorrektur informiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Nutzer kann automatische Fehlerkorrektur rückgängig machen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät ist zuverlässig	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Spracherkennungen müssen mindestens eine Erkennungsleistung von 98% haben	G	(Stevens et al., 2002)
Individualisierbarkeit	System anpassbar an Kultur des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	System anpassbar an Sprache des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	System anpassbar an Kenntnisse des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Geschwindigkeit dynamischer Eingaben ist anpassbar	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verschiedene Dialogtechniken stehen zur Verfügung	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verschiedene Interaktionsmethoden stehen zur Verfügung	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Nutzer kann Dialogschritte anpassen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät für Nutzer angemessen	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Nicht sicherheitsrelevante Informationen sind abschaltbar	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)

	Lautstärke akustischer Anzeigen ist wählbar	G	(European Commission, 2008)
Beanspruchung	Fahrer hat mentale Verfassung zum Führen des Fahrzeugs	V	(UNECE, 1968)
	Beeinträchtigung des Fahrers niedrig	G	(ISO 17287:2003)
Positionierung	Position des Eingabegeräts behindert eigenen Gebrauch nicht	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Position des Eingabegeräts minimiert biomechanische Belastung des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Eingabelemente sind einfach zu erreichen	G	(Stevens et al., 2002)
	Wichtige Bedienelemente am einfachsten zu erreichen	G	(Stevens et al., 2002)
	Unbeabsichtigte Bedienung wird vermieden	G	(Stevens et al., 2002)
	Keine anderen Bedien- und Anzeigeelemente werden verdeckt	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Bei der Bedienung werden keine Anzeigeelemente verdeckt	G	(Stevens et al., 2002)
	Optische Anzeigen möglichst nahe an gerader Sichtlinie des Fahrers	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Optische Anzeigen (außer Head-up-Displays) nicht im primären Sichtfeld des Fahrers	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Anzeige wichtiger Informationen innerhalb von 15° horizontal und vertikal	G	(Stevens et al., 2002)
	Anzeige von Informationen innerhalb von 30° horizontal und vertikal	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Keine Blendungen und Reflexionen	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15008:2009)
	Kein Übertragen von Fahrzeugvibrationen	G	(Stevens et al., 2002)
Eine Hand am Lenkrad	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (ISO 15005:2002)	

Tabelle 2-3: Zusammenfassung der Bewertungsmessgrößen für Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug. Die Tabelle ist nach den in Kapitel 2.2.2.1 identifizierten Bewertungsbereichen sortiert.

Bereich	Messgröße (M)	M	Quelle
Aufgabengemessenheit	Anzahl der Schaltflächenbetätigungen	M	(Stevens et al., 2002)
	Anzahl der erfolgreichen Aufgaben; Grad der Aufgabenerfüllung	M	(Stevens et al., 2002), (ACEA, 2009)
	Aufgabenbearbeitungszeit	M	(Stevens et al., 2002), (ISO 17287:2003), (ACEA, 2009)
	Frequenz der Interaktion	M	(ACEA, 2009)
	Blickverhalten (mittlere und maximale Blickdauer [auf Eingabegerät: maximal 1,5s; 20s bis Aufgabenerfüllung], Blickabwendungszeit von Straße, Blickfrequenz zum Gerät)	M	(Stevens et al., 2002), (European Commission, 2008), (ISO 17287:2003), (ACEA, 2009), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Reaktionszeit nach bestimmten Ereignissen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der lateralen Position im Fahrstreifen	M	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group,

			2006), (ISO 17287:2003)
	Veränderung der Anzahl der ungeplanten Fahrstreifenverlassungen	M	(Stevens et al., 2002), (ISO 17287:2003)
	Veränderung der Anzahl der Lenkumkehrungen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Standardabweichung des Lenkwinkels	M	(ISO 17287:2003)
	Lenkamplitude	M	(ISO 17287:2003)
	Lenkrückstellrate	M	(ISO 17287:2003)
	Veränderung der Lenkentropie	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Geschwindigkeitsentropie	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der (mittleren) Fahrzeuggeschwindigkeit	M	(Stevens et al., 2002), (ISO 17287:2003)
	Veränderung des (minimalen) Abstands / der Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug	M	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (ISO 17287:2003)
	Veränderung der Zeit bis zu einer Kollision	M	(Stevens et al., 2002)
Selbstbe-schreibungs-fähigkeit	Anzahl der Fehler	M	(Stevens et al., 2002), (ISO 17287:2003)
Steu-erbar-keit	Leistung beim Erfüllen einer Nebenaufgabe	M	(Stevens et al., 2002)
Fehlerto-leranz	Veränderung der Anzahl der kritischen Situationen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Anzahl der Unfälle	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Aufprallgeschwindigkeit bei Unfällen	M	(Stevens et al., 2002)
Bean-spru-chung	Psychophysiologische Messungen	M	(Stevens et al., 2002)
Akzep-tanz	Usability- und Brauchbarkeitsbewertung	M	(Stevens et al., 2002)

Die gesammelten Gestaltungsempfehlungen und Messgrößen werden im nächsten Kapitel auf ihre Anwendbarkeit zur Bewertung der Interaktion beim Führen manöverbasierter Fahrzeuge hin überprüft.

2.2.2.2 Übertragung der Gestaltungsempfehlungen und Messgrößen auf die Bewertung von Interaktion beim Führen manöverbasierter Fahrzeuge

In diesem Kapitel werden die allgemein zusammengefassten Gestaltungsempfehlungen und Messgrößen auf die Interaktion bei der manöverbasierten Fahrzeugführung übertragen und für diese Arbeit festgelegt.

Alle in Tabelle 2-2 aufgeführten Gestaltungsempfehlungen (G) lassen sich, durch ihre allgemeine Formulierung, auf die Gestaltung der Interaktion bzw. der Mensch-Maschine-Schnittstelle eines manöverbasierten Fahrzeugs übertragen. Aufgrund der Ziele der Arbeit (siehe Kapitel 1.1), wird die Empfehlungen zur Gestaltung von Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, nicht betrachtet. Alle weiteren Gestaltungsempfehlungen gehen in dieser Arbeit in Form einer Checkliste (siehe Anhang B) sowohl bei der Entwicklung der Gestaltungslösungen als auch bei deren Bewertung ein. Alle Abweichungen von den Gestaltungsempfehlungen werden bei der Entwicklung der Gestaltungslösung diskutiert und begründet. Zusätzlich wird die fahrerzentrierte Umsetzung der Gestaltungsempfehlung bei den Evaluationsstudien in Form von selbsterstellten Fragebögen abgefragt. Obwohl die Akzeptanz der entwickelten Gestaltungslösungen nicht im Fokus der Betrachtung liegt, soll mittels eines standardisierten Fragebogens eine erste Einschätzung gegeben werden. Hierfür kommt der AttrakDiff™ 2-Fragebogen (Hassenzahl, Burmester & Koller, 2003) zum Einsatz, der die Benutzbarkeit (pragmatische Qualität) sowie die Identifikation und Stimulation (hedonische Qualität) der Gestaltungslösung bewertet.

Die in Tabelle 2-3 zusammengefassten Messgrößen (M) für die Beurteilung der Mensch-Maschine-Interaktion lassen sich nicht vollständig auf die manöverbasierte Fahrzeugführung übertragen. Da die Stabilisierung des Fahrzeugs nicht vom Fahrer übernommen wird, können Maße, die die Fahrerleistung auf Stabilisierungsebene bewerten (z.B. Veränderung der Anzahl der ungeplanten Fahrstreifenverlassungen), nicht verwendet werden. Diese Maße bewerten bei der manöverbasierten Fahrzeugführung die System- bzw. Regelgüte und nicht den Fahrer oder die Mensch-Maschine-Interaktion. Weiterhin beschreiben einige Messgrößen, übertragen auf die manöverbasierte Fahrzeugführung, das Fahrverhalten des Fahrers mit dem System (z.B. die Veränderung der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit). Auch diese Messgrößen eignen sich nicht zur Beurteilung der Mensch-Maschine-Interaktion, sondern beschreiben die Veränderung des Fahrverhaltens mit einem manöverbasierten Fahrzeug. Für diese Arbeit werden zusätzlich alle Messmethoden ausgeschlossen, die eine Nebenaufgabe voraussetzen sowie die Beanspruchung des Fahrers beurteilen (siehe Ziele der Arbeit in Kapitel 1.1).

Die in Tabelle 2-2 genannte Voraussetzung (V), dass der Fahrer die mentale Verfassung zum Führen des Fahrzeugs hat, wird allgemein vor der Erteilung der Fahrerlaubnis durch den Gesetzgeber geprüft. Nach der Erteilung der Fahrerlaubnis findet die Beurteilung durch den Fah-

rer selbst oder durch ein Exekutivorgan des Staates statt. Für diese Arbeit wird die Voraussetzung als erfüllt angenommen und daher nicht weiter betrachtet.

Für diese Arbeit ergeben sich zusammenfassend die in Tabelle 2-4 dargestellten Messgrößen bzw. -methoden. Wie in Stevens et al. (2002) empfohlen, sollte für eine umfassende Bewertung eine Betrachtung der Größen über einen längeren Zeitraum (zusammenhängend sowie wiederholend) erfolgen (vgl. auch DIN EN ISO 9241-420).

Tabelle 2-4: Zusammenfassung der in dieser Arbeit verwendeten Messgrößen bzw. -methoden zur Bewertung der Mensch-Maschine Interaktion.

Blickbewe- gung	Prozentuale Blickverteilung
	Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät
	Anzahl der Blicke über 1,5s auf das Eingabegerät
	Maximale Blickdauer auf das Eingabegerät
Eingabe	Anzahl der Manöver- bzw. Parametereingaben
	Anzahl der erfolgreichen Manöver- bzw. Parametereingaben
	Anzahl der fehlerhaften Manöver- bzw. Parametereingaben
Ak- zep- tanz	Pragmatische Qualität (AttrakDiff™ 2)
	Hedonische Qualität (AttrakDiff™ 2)

Nachdem in diesem Kapitel die Empfehlungen und Messgrößen für die Gestaltung und Bewertung von Interaktion im manöverbasierten Fahrzeug zusammengefasst wurden, werden im nächsten Kapitel die Forschungsfragen dieser Arbeit dargestellt.

2.3 Ableiten von Forschungsfragen

Gemäß den Zielen der Arbeit (siehe Kapitel 1.1) soll in dieser Arbeit die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion während der manöverbasierten Fahrzeugführung untersucht werden. Mit der Hilfe der in Kapitel 2.1 zusammengefassten Grundlagen lässt sich dieses Ziel konkreter auf die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion während der Fahrt mit *Conduct-by-Wire* eingrenzen. Betrachtet werden in dieser Arbeit alle Straßentypen (Autobahn, Land- und Stadtstraßen). Hierbei steht vor allem das Interaktionskonzept und dessen Gestaltung sowie Beurteilung im Fokus. Weiterhin wird die Interaktion beim Fahren von *Conduct-by-Wire* mit der Interaktion bei der herkömmlichen Fahrzeugführung verglichen. Zusammenfassend lassen sich folgende Forschungsfragen formulieren:

-
- Mit welchem Interaktionskonzept kann die manöverbasierte Fahrzeugführung für alle Straßentypen eingesetzt werden?
 - Wie verändert sich die Interaktion zwischen dem Fahrer und dem Fahrzeug bei der manöverbasierten Fahrzeugführung im Vergleich zur herkömmlichen Fahrzeugführung?
 - Wie verändert sich die Interaktion zwischen dem Fahrer und dem Fahrzeug bei der manöverbasierten Fahrzeugführung bei längeren Fahrtzeiten?
 - Wie verändert sich die Interaktion zwischen dem Fahrer und dem Fahrzeug bei der manöverbasierten Fahrzeugführung bei wiederholten Fahrten?

Im nächsten Kapitel wird nun die Methodik für die Entwicklung und experimentelle Untersuchung der Interaktionskonzepte zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen beschrieben.

3 Methodik

Zu Beginn dieses Kapitels wird der Entwicklungsprozess beschrieben, der dieser Arbeit zu Grunde liegt (siehe Kapitel 3.1). Anschließend erfolgt in Kapitel 3.2 die Darstellung des Vorgehens bei der statistischen Auswertung der Evaluationsergebnisse.

3.1 Entwicklungsprozess

Für die Entwicklung interaktiver Systeme sind mehrere Prozesse in der Literatur zu finden (u.a. DIN EN ISO 17287; DIN EN ISO 9241-420; Stevens et al., 2002). Im Kern gehen diese Prozesse sehr ähnlich vor (vgl. König, 2012): Nach der Ermittlung von Anforderungen werden Gestaltungslösungen entwickelt und diese anschließend evaluiert. Die Evaluationsergebnisse werden anschließend verwendet, um den Prozess abzuschließen oder eine neue Iteration durchzuführen. Da dieser Arbeit ein menschenzentrierter Ansatz zu Grunde liegt (siehe Kapitel 1.1), wurde für die Entwicklung des Interaktionskonzepts der *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme* (DIN EN ISO 9241-210) verwendet. Dieser Prozess wird in der Literatur speziell auch für die Verwendung zur Entwicklung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fahrzeug empfohlen (u.a. Bruder & Didier, 2012). Die Anwendbarkeit des Prozesses wurde zusätzlich durch die Beantwortung der DIN-eigenen Checkliste „zur Beurteilung der Anwendbarkeit und Konformität“ (DIN EN ISO 9241-210) sichergestellt.

Der *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme* (DIN EN ISO 9241-210) sieht vor, dass zuerst in einer Planungsphase alle zukünftigen Aktivitäten sowie die Teamzusammensetzung und Verantwortlichkeiten festgelegt werden (siehe Abbildung 3-1). Anschließend beginnt der eigentlich Gestaltungsprozess mit dem Verstehen und Festlegen des Nutzungskontexts. Hierbei werden die Benutzer sowie seine Merkmale, die Arbeitsaufgaben und die organisatorische, technische und physische Systemumgebung ermittelt und beschrieben. Daran anschließend werden die Erfordernisse der Benutzer identifiziert und hieraus Nutzungsanforderungen abgeleitet und festgelegt. Mit der Hilfe der Nutzungsanforderungen werden anschließend Gestaltungslösungen erarbeitet, konkretisiert und in Form von Prototypen umgesetzt. Die Prototypen werden danach aus der Benutzerperspektive evaluiert, um neue Informationen zu den Erfordernissen des Benutzers sowie den Stärken und Schwächen der Gestaltungslösungen zu sammeln. Sollte eine Gestaltungslösung die Benutzeranforderungen

erfüllen und keine weiteren Erfordernisse des Benutzers identifiziert worden sein, kann der Prozess beendet werden. Andernfalls findet eine weitere Iteration statt, wobei der Start der Iteration in jedem vorher beschriebenen Prozessschritt liegen kann.

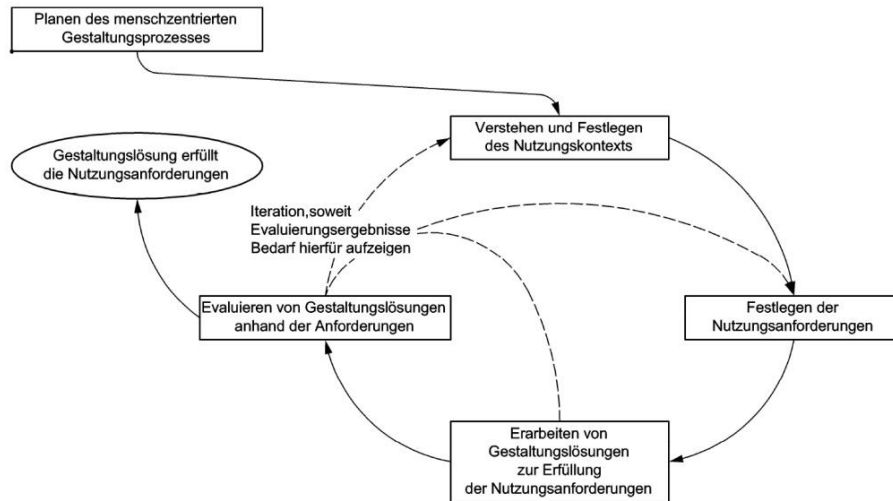


Abbildung 3-1: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (aus DIN EN ISO 9241-210)

Der in Abbildung 3-1 dargestellte Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme wird in Kapitel 4 mehrfach durchlaufen. Hierbei werden die in jeder Iteration erarbeiteten Gestaltungslösungen in Probandenstudien evaluiert. Für die Auswertung der Ergebnisse aller Probandenstudien wurde ein festes statistisches Vorgehen verwendet, das im nächsten Kapitel beschrieben wird.

3.2 Vorgehen bei der statistischen Auswertung

Das Vorgehen bei der statistischen Auswertung (siehe Abbildung 3-2) orientiert sich am Vorgehen aus McCrum-Gardner (2008) und der Beschreibung der statistischen Tests nach Bortz (2005). Zunächst wurden die vorliegenden Daten deskriptiv ausgewertet und das Vorliegen einer Normalverteilung mit der Hilfe des *Lilliefors-Tests* (Lilliefors, 1967) überprüft. Zur Ermittlung von signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Mittelwerte wurde anschließend bei normalverteilten abhängigen Stichproben der *t-Test für abhängige Stichproben* (Bortz, 2005, S. 143ff, vgl. auch Student, 1908) und bei mehr als zwei Stichproben eine *einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung* (Bortz, 2005, S. 331ff) durchgeführt. Im Falle der *einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung* wurden die Daten mit Hilfe des *Mauchly-Tests* (Mauchly, 1940) auf Sphärizität überprüft und ggf. eine *Greenhouse-Geisser-Korrektur*

(Bortz, 2005, S. 354ff, vgl. auch Geisser & Greenhouse, 1958) durchgeführt. Bei signifikantem Ergebnis der Varianzanalyse wurden die paarweisen Vergleiche anschließend mit *t-Tests für abhängige Stichproben* berechnet. Die auftretende α -Fehler-Inflation wurde mit einer *Bonferoni-Korrektur* (Bortz, 2005, S. 272) korrigiert. Bei nicht-normalverteilten abhängigen Daten wurde ein *Wilcoxon-Test* (Bortz, 2005, S. 153f; Wilcoxon, 1945, 1947) und bei mehr als zwei Stichproben ein *Friedman-Test* (Friedman, 1937) berechnet. Bei einem signifikanten Ergebnis des *Friedmann-Tests* wurden die paarweisen Vergleiche mit *Wilcoxon-Tests* berechnet und die auftretende α -Fehler-Inflation ebenfalls mit einer *Bonferoni-Korrektur* korrigiert. Für den Vergleich zweier unabhängiger nicht-normalverteilter Stichproben kam der *Mann-Whitney U-Test* (Bortz, 2005, S. 150f, vgl. auch Mann & Whitney, 1947) zum Einsatz. Vergleiche unabhängiger normalverteilter Daten traten bei der Datenanalyse dieser Arbeit nicht auf.

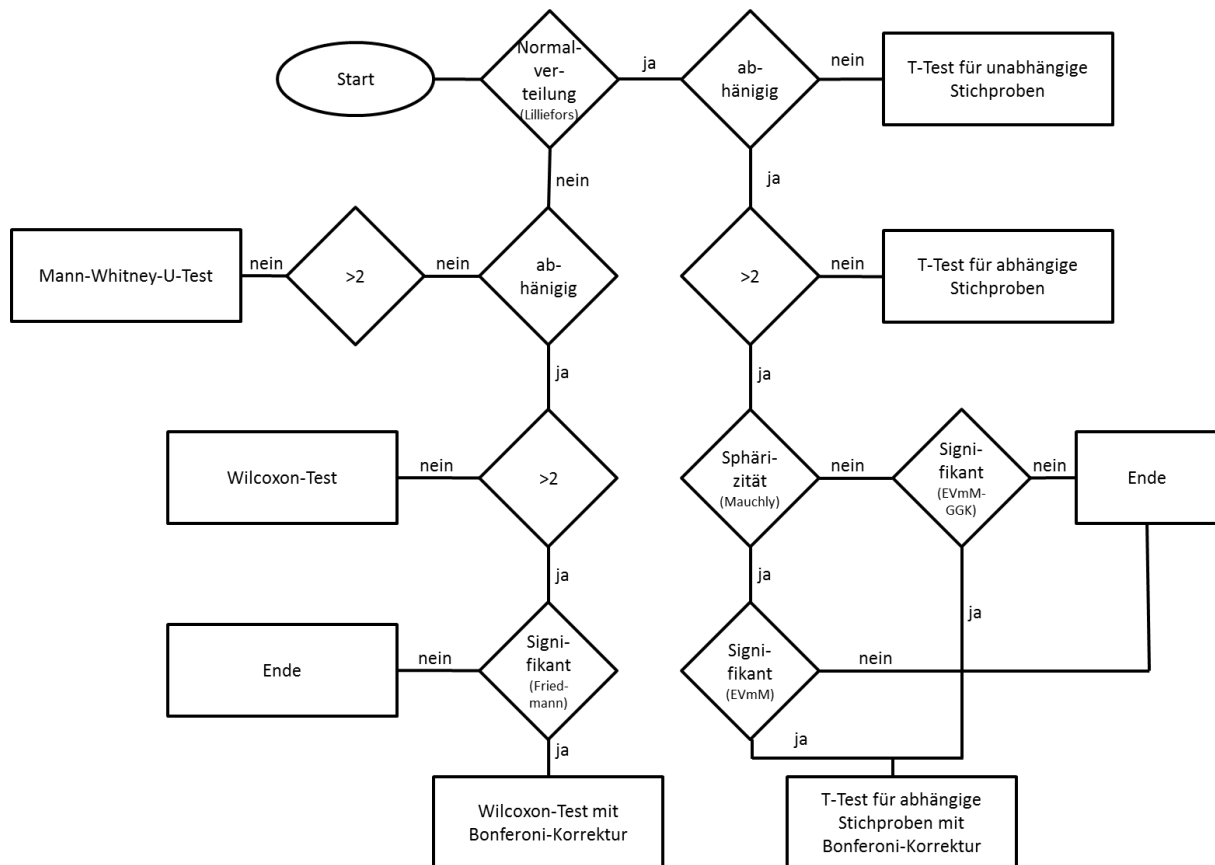


Abbildung 3-2: Vorgehen bei der statistischen Auswertung. Legende: EVmM: einfaktorische Varianzanalyse mit Messwiederholung; EVmM-GGK: einfaktorische Varianzanalyse mit Messwiederholung mit Greenhouse-Geisser Korrektur

Im nächsten Kapitel wird nun die Entwicklung und experimentelle Untersuchung der Interaktionskonzepte zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen beschrieben.

4 Entwicklung und experimentelle Untersuchung

In diesem Kapitel wird der in Kapitel 3.1 beschriebene Entwicklungsprozess angewendet, um ein Interaktionskonzept für manöverbasiertes Fahren zu entwickeln und zu evaluieren. Da die Planungsphase für die konkrete Prozessdurchführung wichtig, aber für das Ergebnis dieser Arbeit nicht relevant ist, wird auf eine explizite Darstellung verzichtet und im nächsten Kapitel mit der Ermittlung und Beschreibung des Nutzungskontextes begonnen (siehe Kapitel 4.1). In insgesamt drei Iterationskapiteln (siehe Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4) wird hierauf folgend die Entwicklung und Evaluation der Gestaltungslösungen beschrieben und diskutiert.

4.1 Festlegung des Nutzungskontextes

Der Nutzungskontext setzt sich zusammen aus dem Benutzer, den Benutzermerkmalen, den Arbeitsaufgaben des Benutzers sowie der organisatorischen, technischen und physischen Umgebung in der das zu entwickelnde System eingesetzt wird (DIN EN ISO 9241-210). Für die Entwicklung eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung gilt in dieser Arbeit folgender Nutzungskontext:

Benutzer und sonstige Interessensgruppen. Die Benutzer des zu entwickelnden Interaktionskonzepts sind Fahrer mit einem gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland. Eine zusätzliche Interessensgruppe stellen die Beifahrer dar.

Merkmale der Benutzer oder Benutzergruppen. Durch ihre Fahrausbildung und ihre Fahrerfahrung sind die Benutzer geübt in der Führung eines Pkw mit herkömmlichen Bedienelementen. Sie verfügen weiterhin über Kenntnis der deutschen Straßenverkehrsordnung (z.B. Vorfahrtsregeln, Verkehrsschilder usw.). Es sei angemerkt, dass in dieser Arbeit die besonderen Bedürfnisse von Menschen mit einer Behinderung (z.B. zusätzliche Einrichtungen zum Führen eines Fahrzeugs) nicht betrachtet werden. Das Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung ist den Benutzern im Allgemeinen unbekannt.

Ziele und Arbeitsaufgaben der Benutzer. Der Fahrer eines Pkw verfolgt allgemein das Ziel, die Insassen und/oder eine Ladung an einen bestimmten Ort zu bringen und hierbei „jede Berührung mit stehenden oder sich bewegenden Objekten im Verkehrsraum zu vermeiden“ (Bubb, 2002). Beim Fahren eines manöverbasierten Fahrzeugs hat der Fahrer, wie bereits in Kapitel 2.1.2.1 beschrieben, die Aufgabe, in der umliegenden Verkehrssituation relevante Reize zu entdecken, zu erkennen sowie Manöverentscheidungen zu treffen und diese an das

Fahrzeug zu übergeben. Eine fehlerhafte Ausführung der Arbeitsaufgabe kann, auch wenn das *Conduct-by-Wire* Fahrzeug aktiv Unfälle vermeidet, Auswirkungen auf die Sicherheit und die Gesundheit des Benutzers sowie anderer Verkehrsteilnehmer haben. Ein weiteres Merkmal der Arbeitsaufgabe ist, dass sich die Häufigkeit und die Zeitdauer der Durchführung von Benutzer zu Benutzer sowie von Fahrt zu Fahrt variieren kann. Im Durchschnitt absolvieren Fahrer (ausgenommen sind Fahrten innerhalb der Arbeitszeit) in Deutschland, pro Tag und Person, eine Gesamtstrecke von 46km in 3,9 Fahrten (Follmer et al., 2010). Die durchschnittliche Fahrtzeit mit dem Pkw, pro Person und Tag, beträgt hierbei 90min (Follmer et al., 2010). Diese Werte werden dieser Arbeit daher als Richtwerte zu Grunde gelegt.

Umgebung(en) des Systems. Bei dem in dieser Arbeit simulierten *Conduct-by-Wire* Fahrzeug handelt es sich um einen vorerst nicht näher spezifizierten Pkw, der sich ausschließlich auf Straßen in Deutschland bewegt, die für den Pkw-Verkehr vorgesehen sind. Das zu entwickelte Interaktionskonzept wird innerhalb des Greifraums des Fahrers des *Conduct-by-Wire*-Fahrzeugs umgesetzt. Da die Evaluation des Konzepts im Fahrsimulator stattfindet (siehe Kapitel 1.1), können wechselnde thermische Belastungen und Lichtverhältnisänderungen nicht betrachtet werden. Für die Arbeit werden daher eine Umgebungstemperatur von etwa 20°C sowie Tageslichtbedingungen festgesetzt.

Der soeben beschriebene Nutzungskontext wurde nach jeder Iteration überprüft und blieb unverändert bestehen. Aus diesem Grund gilt er für alle Iterationen dieser Arbeit gleichermaßen. Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich nun mit der ersten Iteration.

4.2 Iteration 1: *taktiler Touchdisplay & Gestenerkennung*

In diesem Kapitel wird die erste Iteration bei der Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung dargestellt. Analog zu dem verwendeten Entwicklungsprozess (siehe Kapitel 3.1) werden aus dem in Kapitel 4.1 beschriebenen Nutzungskontext zunächst die Nutzungsanforderungen ermittelt (siehe Kapitel 4.2.1). Anschließend wird eine Gestaltungslösung entwickelt (siehe 4.2.2) und evaluiert (siehe 4.2.3).

4.2.1 Nutzungsanforderungen

In diesem Kapitel werden die Nutzungsanforderungen an ein Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung dargestellt. Die Nutzungsanforderungen wurden in Expertenworkshops erarbeitet, vom Autor dieser Arbeit aufbereitet und zusammengefasst. Sie ergeben

sich aus dem in Kapitel 4.1 vorgestellten Nutzungskontext (z.B. „*die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist benutzbar von Fahrerinnen und Fahrer mit einem gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland*“, D2), dem in Kapitel 2.1.2 beschriebenen *Conduct-by-Wire* Konzept (z.B. „*die Eingabe von Manövern muss möglich sein*“, A1) sowie aus den in Kapitel 2.2.2 zusammengefassten Standards und Richtlinien (z.B. „*Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Manövereingabe beträgt maximal 1,5s*“, A9). Hierbei wird von der Darstellung allgemeiner Anforderungen (z.B. „*Mensch-Maschine-Schnittstelle muss aufgabenangemessen sein*“) abgesehen. Wie in Kapitel 2.2.2.2 beschrieben, fließen diese allgemeinen Anforderungen dennoch in Form einer Checkliste in die Entwicklung ein. Zur besseren Übersicht sind die ermittelten Nutzungsanforderungen in Tabelle 4-1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4-1: Nutzeranforderungen für die Entwicklung eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung *Conduct-by-Wire* zum Zeitpunkt der ersten Iteration. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)

Nutzungsanforderung an das Interaktionskonzept		Typ	Wert / Wertebereich
A. Während der manöverbasierten Fahrzeugführung			
A1	Die Eingabe von Manövern muss möglich sein.	FF	-
A2	Die Eingabe von Parametern muss möglich sein.	FF	-
A3	Keine Fahrereingabe führt zu einem undefinierten Systemzustand (vgl. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A4	<i>Conduct-by-Wire</i> muss jederzeit deaktivierbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A5	Der Manöverzustand (aktiv, verfügbar etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A6	Der Parameterzustand (Wert/Stufe, verfügbare Stufen etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A7	Die Rückmeldung nach einer Befehlseingabe muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Befehlseingabe}} < 0,25\text{s}$
A8	Die Rückmeldung über die Ausführung eines Manövers durch das Fahrzeug muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Manöverausführung}} < 0,25\text{s}$
A9	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Manövereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Manövereingabe}} < 1,5\text{s}$
A10	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Parametereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002)	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Parametereingabe}} < 1,5\text{s}$

A11	Die prozentuale Blickverteilung entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	-
A12	Die Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	$n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, herkömmlich}} = n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, Conduct-by-Wire}}$
A13	Die Anzahl der falsch negativen Eingabefehler (<i>false negatives</i> ; keine Eingabe erkannt) muss weniger als 2% der Gesamtinteraktionen betragen. (Anmerkung: da das <i>Conduct-by-Wire</i> Fahrzeug aktiv Unfälle vermeidet, handelt es sich hierbei nicht um sicherheitskritische Interaktionen. Daher wird hier ein Vergleichswert für die Akzeptanz von Spracherkennungen aus Stevens et al., 2002 herangezogen.)	BF	$n_{\text{false negatives}} < 0,02 n_{\text{Eingabe gesamt}}$
A14	Falsch positive Eingabefehler (<i>false positives</i> ; andere Eingabe erkannt) dürfen nicht auftreten.	FF	$n_{\text{false positives}} = 0$
A15	Die pragmatische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$PQ_{\text{herkömmlich}} \leq PQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
A16	Die hedonische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$HQ_{\text{herkömmlich}} \leq HQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
B. Während der herkömmlichen manuellen Fahrzeugführung			
B1	Eingabe von Stabilisierungsbefehlen muss möglich sein.	FF	-
B2	Erfüllung sekundärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
B3	Ein Wechsel der Fahrzeugführungsart (manuell oder manöverbasiert) ist während der Fahrt möglich.	FF	-
C. Während beiden Fahrzeugführungsarten			
C1	Die aktive Fahrzeugführung (manuell oder manöverbasiert) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C2	Erfüllung tertiärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
C3	Dem Fahrer werden alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs dargestellt (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C4	Alle Eingaben haben genau eine eindeutige Wirkung (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	FF	-
D. Allgemein			
D1	Unterhaltung mit dem Beifahrer muss während der Interaktion möglich sein.	FF	-
D2	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist benutzbar von Fahrerinnen und Fahrer mit einem gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland.	FF	-
D3	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss an den Benutzer anpassbar sein (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
D4	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle lässt Haltungsänderungen des Nutzers zu (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	W	-
D5	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss im Greifraums des Fahrers platziert sein (vgl. Stevens et al., 2002).	FF	-

D6	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss so platziert sein, dass in keinem Interaktionszustand andere Anzeigen und Bedienelemente verdeckt werden (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; European Commission, 2008; Stevens et al., 2002)	FF	-
D7	Das Gesamtsystem (<i>Conduct-by-Wire</i> und das Interaktionskonzept) ist in maximal 10min erlernbar (Annahme des Autors).	BF	$t_{\text{Einlernzeit}} < 10\text{min}$

Die gesammelten Nutzungsanforderungen werden genutzt, um im nächsten Kapitel Gestaltungslösungen für ein verbessertes Interaktionskonzept zu ermitteln und die zugehörige Mensch-Maschine-Schnittstelle zu entwickeln.

4.2.2 Entwicklung von Gestaltungslösungen

Vergleicht man das bisherige Interaktionskonzept und die zugehörige Mensch-Maschine-Schnittstelle (siehe Kapitel 2.1.2.4) mit den Nutzungsanforderungen (siehe Kapitel 4.2.1), so fällt auf, dass sie bereits weitgehend erfüllt sind. Die Forderungen nach Blickabwendungszeiten während der Bedienung von unter 1,5s (A9 & A10) konnten anhand der bisherigen Untersuchungsergebnisse zu *Conduct-by-Wire* (siehe Kapitel 2.1.2.4) nicht überprüft werden. Nicht erreicht wurde allerdings die Forderung nach einer identischen prozentualen Blickverteilung (A11) bei beiden Fahrzeugführungskonzepten (Franz et al., 2011). Wie bereits in Kapitel 2.1.2.4 aufgezeigt, unterscheidet sich die Blickverteilung teilweise signifikant (vgl. Abbildung 2-9). Hierbei findet vor allem eine Steigerung der prozentualen Blicke auf das *taktile Touchdisplay* statt (vgl. Schreiber, 2012). Dies ist dadurch begründet, dass die Probanden zum Erfassen des Manöver- und Parameterstatus sowie zur Bedienung auf das *taktile Touchdisplay* schauen müssen und hierfür den Blick von der Straße nehmen. Die Nichterfüllung dieser Nutzungsanforderung ist als kritisch anzusehen, da die Aufgabe des Fahrers bei der manöverbasierten Fahrzeugführung im Entdecken und Erkennen von relevanten Reizen sowie in der Handlungsentscheidung liegt (siehe Kapitel 2.1.2.1). Weiterhin hat er die Aufgabe die Handlungsausführung des Systems zu überwachen und bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene zu übernehmen. Die Erfüllung der Aufgaben setzt voraus, dass der Fahrer die Verkehrssituation erfasst und hierfür den Blick auf der Straße behalten kann.

Um das Blickverhalten zu verbessern, kann im Allgemeinen der Ort der Anzeige verändert, die Informationsdarstellung verändert und / oder eine Blindbedienung ermöglicht werden. Alle drei Möglichkeiten wurden bei der Entwicklung neuer Gestaltungslösungen in dieser Iteration verfolgt. Zunächst wurde die Änderung der Informationsdarstellung betrachtet. Neben optischen Anzeigen bietet sich im Fahrzeug auch die akustische oder taktile Informa-

tionsübertragung an. Hier besteht allerdings der Nachteil, dass die übertragbare Informationsmenge klein ist (Sodnik, Dicke, Tomažič & Billingham, 2008; Stevens et al., 2002) und daher nicht ausreicht, um den Status des *Conduct-by-Wire*-Fahrzeugs vollständig zu beschreiben. Zusätzlich sollten akustische Anzeigen nur eingesetzt werden, wenn die Aufmerksamkeit des Fahrers erregt werden soll (Stevens et al., 2002) und immer redundant mit einer optischen Anzeige kombiniert werden (DIN EN ISO 15006; Stevens et al., 2002). Es wurde daher entschieden, eine optische Anzeige beizubehalten. Um die Blickabwendungszeiten auf die optische Anzeige zu reduzieren, wird allgemein eine Platzierung der Anzeige nahe an der geraden Sichtlinie des Fahrers empfohlen (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; European Commission, 2008; Stevens et al., 2002). Hierfür müsste die Anzeige in das Kombiinstrument verlegt oder über ein Head-up-Display realisiert werden. Da die Mensch-Maschine-Schnittstelle bereits über ein Head-up-Display verfügt, bietet sich diese Lösung an. Weiterhin hat diese Lösung den Vorteil, dass die Anzahl der Anzeigen von zwei auf eine reduziert und somit die Informationsdarstellung vereinfacht wird. Nachteilig wirkt sich die erforderliche größere Informationsmenge im Head-up-Display aus, da zusätzlich zu den bisher dargestellten Informationen noch weitere dargestellt werden müssen (z.B. verfügbare Manöver). Es wird allgemein empfohlen, dass in einem Head-up-Display nur wenige Informationen angezeigt werden (Stevens et al., 2002). Weiterhin dürfen Head-up-Displays keine wichtigen Umgebungsinformationen überdecken (Stevens et al., 2002) und den Fahrer nicht ablenken (ACEA, 2009). Trotz des Nachteils wurde das Head-up-Display als Anzeigeort gewählt und die besonderen Anforderungen bei der Gestaltung der Informationsdarstellung berücksichtigt.

Das umgesetzte Head-up-Display informiert den Fahrer im oberen Bereich über den Manöver- und im unteren über den Parameterstatus (siehe Abbildung 4-1) Die angezeigten Informationen sind somit nutzergerecht strukturiert (vgl. DIN EN ISO 9241-110; Stevens et al., 2002). Im Manöverbereich werden die aktuell verfügbaren Manöver sowie das aktive Manöver mit der Hilfe von Icons dargestellt. Hierbei wird das aktive Manöver mit einem blauen Rahmen hervorgehoben und die verfügbaren Manöver transparenter dargestellt (Franz et al., 2012; Franz et al., 2011). Auf die zusätzliche Darstellung von aktuell nicht verfügbaren Manövern wird verzichtet, um die Informationsmenge im Head-up-Display so klein wie möglich zu halten. Im Parameterbereich wird der Bandtachometer (vgl. Abbildung 2-8) durch eine numerische Darstellung der *Wunsch*- (links) sowie der *Ist*-Fahrzeuggeschwindigkeit (rechts) in km/h ersetzt. Die Einheit km/h ist dem Nutzer bekannt und die angezeigten Werte sind direkt auf Verkehrsregeln sowie bei der Führerscheinausbildung beigebrachte Faustformeln

übertragbar. Als Schrifttyp kommt, aufgrund der guten Lesbarkeit, Arial zum Einsatz (vgl. Stevens et al., 2002). Durch die numerische Darstellung kann, im Vergleich zum Bandtachometer, eine geringere Verdeckung der Umwelt erreicht werden. Da das *Conduct-by-Wire*-Fahrzeug selbstständig die geltende Geschwindigkeitsbegrenzung erkennt und einhält (siehe Kapitel 2.1.2.3) wird zusätzlich in der Mitte der beiden Geschwindigkeiten die aktuell erlaubte Geschwindigkeit angezeigt. Hierbei wird die dem Benutzer bekannte Symbolik für Geschwindigkeitsbegrenzungen verwendet. Über den drei Geschwindigkeiten wird die *Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug* mit der Hilfe von maximal vier horizontalen Balken angezeigt. Die Anzahl der Balken repräsentieren hierbei die vier einstellbaren *Zeitlücken* (1 Balken: 1s; 2 Balken: 1,5s; 3 Balken: 2s und 4 Balken: 2,5s). Rechts und links neben den Geschwindigkeiten wird die *Exzentrizität im Fahrstreifen* mit insgesamt vier vertikalen Balken dargestellt. Die Anzahl der Balken informiert hierbei über die aktuell eingestellte *Exzentrizität* sowie die noch einstellbaren Stufen (Fährt das Fahrzeug z.B. um eine Stufe nach links versetzt, werden links ein und rechts drei Balken angezeigt). Bei deaktiviertem *Conduct-by-Wire* wird nur die Fahrzeuggeschwindigkeit und die aktuelle Geschwindigkeitsbegrenzung angezeigt (siehe Abbildung 4-2). Aufgrund des guten Kontrastes zu schwarz und grau wurde als Farbe für die Darstellung des Parameterbereichs grün gewählt (vgl. Schneid, 2009). Zusätzlich steht die Farbe Grün in Europa für Sicherheit (Stapelkamp, 2007).



Abbildung 4-1: Head-up-Display während der Fahrt mit aktiviertem *Conduct-by-Wire* (manöverbasierte Fahrzeugführung) (nach Franz et al., 2011).



Abbildung 4-2: Head-up-Display während der Fahrt mit deaktiviertem *Conduct-by-Wire* (manuelle Fahrzeugführung) (aus Franz et al., 2012).

Die Darstellung der Informationen im Head-up-Display hat auch eine Änderung der Eingabe zur Folge. Da der Fahrer bei der Bedienung nicht auf das Bedienelement blicken soll, kann kein Touchdisplay verwendet werden (vgl. DIN EN ISO 9241-420; Riener & Wintersberger,

2011). Zudem soll nach Stevens et al. (2002) auf die Verwendung von Touchscreens im Fahrzeug allgemein verzichtet werden. Auch die Verwendung von physischen Tastern gestaltet sich bei der manöverbasierten Fahrzeugführung als schwierig. Aufgrund der variablen Manöververfügbarkeit des *Conduct-by-Wire*-Fahrzeugs hätte eine feste Anordnung von physischen Tastern den Nachteil, dass sich die Tasterbelegung ändert (z.B. ein links angeordneter Taster bewirkt je nach Situation einen Fahrstreifenwechsel oder ein Abbiegen nach links) oder Taster zeitweise keine Aktion hervorrufen (z.B. Fahrstreifenwechsel links ist nicht verfügbar). Dieser Nachteil steht im Widerspruch zu der Anforderung, dass alle Eingaben genau eine eindeutige Wirkung haben (vgl. DIN EN ISO 9241-400). Weiterhin würde diese Lösung eine schnelle Erlernbarkeit erschweren und Interaktionsfehler verursachen. Für die dynamische Änderung von Auswahlmöglichkeiten sind feste Anordnungen physischer Taster daher ungeeignet (vgl. Riener & Wintersberger, 2011). Eine weitere Möglichkeit zur Eingabe von Manövern stellt eine Spracherkennung dar. Diese Lösung wurde bei der Entwicklung verworfen, da der Wunsch besteht, dass Fahrer sich mit Beifahrern unterhalten können. Zudem bestehen technische Schwierigkeiten bei der Erkennung von Sprachbefehlen in Umgebungen mit Hintergrundgeräuschen und –stimmen (u.a.. Gong, 1995; Juang, 1991; Riener & Wintersberger, 2011). Für die neue Gestaltungslösung wurde daher der Einsatz eines Touchpads erwogen, um flexibel auf den sich ändernden Manöverstatus reagieren zu können. Zur Überprüfung der argumentativen Auswahl wurde zusätzlich das *Auswahlverfahren für physikalische Eingabegeräte* (DIN EN ISO 9241-420) durchgeführt, das rein auf den elementaren Eingabeaufgaben beruht. Als Ergebnis empfiehlt das Verfahren den Einsatz eines Touchpads (bei hohen Genauigkeitsanforderungen mit einem zusätzlichen Griffel oder Puck), eines Touchdisplays oder einer Maus. Hierdurch konnte die prinzipielle Eignung eines Touchpads für die anfallenden Eingabeaufgaben bestätigt werden, sodass die umgesetzte Gestaltungslösung zur Eingabe ein Touchpad verwendet.

Für das am Simulator umgesetzte Eingabegerät kam ein selbst entwickeltes großflächiges *frustrated-total-internal-reflection*-(FTIR)-Multitouchpad zum Einsatz, das in der rechten Armlehne des Fahrersitzes platziert wurde (Abbildung 4-3). Über das Touchpad gibt der Fahrer die Manöver und Parameter mit der Hilfe von Gesten ein (Franz et al., 2012; Franz et al., 2011). Die Eingabe der Gesten kann hierbei an einem beliebigen Ort des Multitouchpads erfolgen, sodass eine Haltungsänderung des Fahrers jederzeit möglich ist.

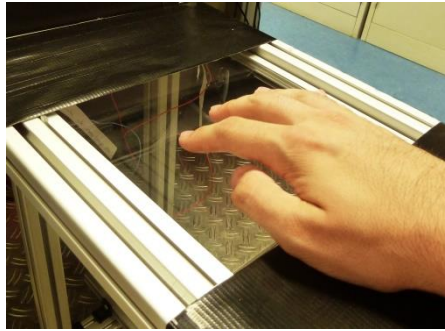










Abbildung 4-3: Eingabegerät der *Gestenerkennung* in der rechten Armlehne des Fahrersitzes (aus Franz et al., 2011).

Alle Manövergesten werden mit einem Finger eingegeben und sind der zugehörigen Manövertrajektorie entlehnt (z.B. wird ein *Fahrstreifenwechsel links* über eine sigmoidförmige Geste eingegeben; siehe Tabelle 4-2). Die Gesten werden in Form der Manövertrajektorien in den Manövericons im Head-up-Display permanent angezeigt (siehe Abbildung 4-1), sodass die Manövergesten nicht auswendig gelernt werden müssen. Die Parametergesten werden mit mehreren Fingern eingegeben. Die Richtung der Parametergesten orientiert sich hierbei an gängigen Richtungskonventionen (z.B. bewirkt ein Schieben von vier Fingern in Richtung der Motorhaube eine Erhöhung der *Wunschgeschwindigkeit*; siehe Tabelle 4-2). Um die Geschwindigkeit der dynamischen Eingabe an den Benutzer anzupassen und so eine individuelle Interaktion zu ermöglichen (u.a. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-110; Stevens et al., 2002), kann die Geschwindigkeit der Gesteneingabe vom Fahrer frei gewählt werden. Alle Fingerbewegungen werden hierzu nach dem ersten Aufsetzen protokolliert und nach dem Abheben mit einem selbstentwickelten Algorithmus ausgewertet. Weitere Informationen zu dem Algorithmus sowie zu der Software- und Hardwareumsetzung finden sich in Franz et al. (2011).

Zusätzlich zu dem beschriebenen Bedienelement wurden in der Umsetzung auch die herkömmlichen Bedienelemente (Lenkrad und Pedale) erhalten, um das Fahrzeug manuell auf Stabilisierungsebene führen zu können. Hierdurch wird die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene für den Fahrer nicht verändert, sodass in Übernahmesituationen die vorhandene Fahrerfahrung direkt genutzt werden kann. Da der Fahrer jederzeit ins Lenkrad greifen und somit *Conduct-by-Wire* deaktivieren kann, hat er, wie in UNECE (1968) gefordert, permanent die Kontrolle über das Fahrzeug.

Tabelle 4-2: Übersicht über die Parameter- und Manövergesten (angelehnt an Franz et al., 2012; Franz et al., 2011).

Manöver	Beschreibung der Geste	
Geradeaus		Bewegen eines Fingers nach oben.
Fahrstreifenwechsel links		Sigmoidförmiges Bewegen eines Fingers von rechts unten nach links oben.
Fahrstreifenwechsel rechts		Sigmoidförmiges Bewegen eines Fingers von links unten nach rechts oben.
Abbiegen links		Halbkreisförmiges Bewegen eines Fingers von rechts unten nach links oben.
Abbiegen rechts		Halbkreisförmiges Bewegen eines Fingers von links unten nach rechts oben.
Parameter	Beschreibung der Geste	
Wunschgeschwindigkeit		Bewegen von vier Fingern aufwärts (erhöhen) oder abwärts (vermindern).
Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug		Bewegen von zwei Fingern aufwärts (erhöhen) oder abwärts (vermindern).
Exzentrizität im Fahrstreifen		Bewegen von zwei Fingern nach rechts/links (Fahrzeug fährt weiter rechts/links).

Zusammenfassend wurde in diesem Kapitel ein Interaktionskonzept vorgestellt, dass auf der Eingabe von Gesten basiert. Für die konkrete Umsetzung am Fahr Simulator kommen ein Head-up-Display sowie ein Touchpad zum Einsatz. Im nächsten Kapitel wird nun die Evaluationsstudie beschrieben, die zum Vergleich der *Gestenerkennung* mit dem *taktilen Touchdisplay* durchgeführt wurde.

4.2.3 Evaluationsstudie

Dieses Kapitel beschreibt die Evaluationsstudie zum Vergleich der Gestenerkennung mit dem *taktilen Touchdisplay*. In Kapitel 4.2.3.1 wird hierzu zunächst das Studiendesign vorgestellt. Anschließend erfolgt in Kapitel 4.2.3.2 eine Übersicht über die Studienergebnisse, die in Kapitel 4.2.3.3 abschließend diskutiert werden.

4.2.3.1 Studiendesign

Ablauf der Studie. Die Probandenstudie wurde am statischen Fahr Simulator des Instituts für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (siehe Abbildung 4-4) mit dem Ziel durchgeführt, das *taktile Touchdisplay* (siehe Kapitel 2.1.2.4) mit der neu entwickelten Gestenerkennung (siehe 4.2.2) zu vergleichen. Zur besseren Vergleichbarkeit dieser Studie mit den bisherigen Ergebnissen wurde entschieden, ausschließlich Autobahnversuche durch-

zuführen. Die Teststrecke entspricht einem Teilstück der in der Evaluation von Schreiber (2012) gefahrenen Strecke und wurde nach dem Vorbild eines realen Autobahnabschnitts modelliert. Neben den Fahrten mit der manöverbasierten Fahrzeugführung, absolvierten die Probanden zusätzlich eine Vergleichsfahrt mit herkömmlichen Bedienelementen auf Stabilisierungsebene. Zur besseren Vergleichbarkeit der Blickbewegungsdaten wurde während dieser Fahrt das auf Abbildung 4-2 dargestellte Head-up-Display verwendet. Jedes Fahrzeugführungskonzept mit der zugehörigen Mensch-Maschine-Schnittstellen wurde den Probanden vor der Fahrt schriftlich erklärt (siehe Anhang C). Hierdurch konnte sichergestellt werden, dass die Probanden das nötige Wissen zum Führen eines manöverbasierten Fahrzeugs haben (vgl. UNECE, 1968). Anschließend absolvierten die Probanden eine 4km lange Eingewöhnungs- und schließlich die 18km lange Messfahrt. Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, wurden die Fahrzeugführungskonzepte mit den zugehörigen Mensch-Maschine-Schnittstellen permutiert. Die Vorbereitung sowie Durchführung der Studie wurde von Blanke (2011) im Rahmen seiner Bachelorthesis unterstützt.

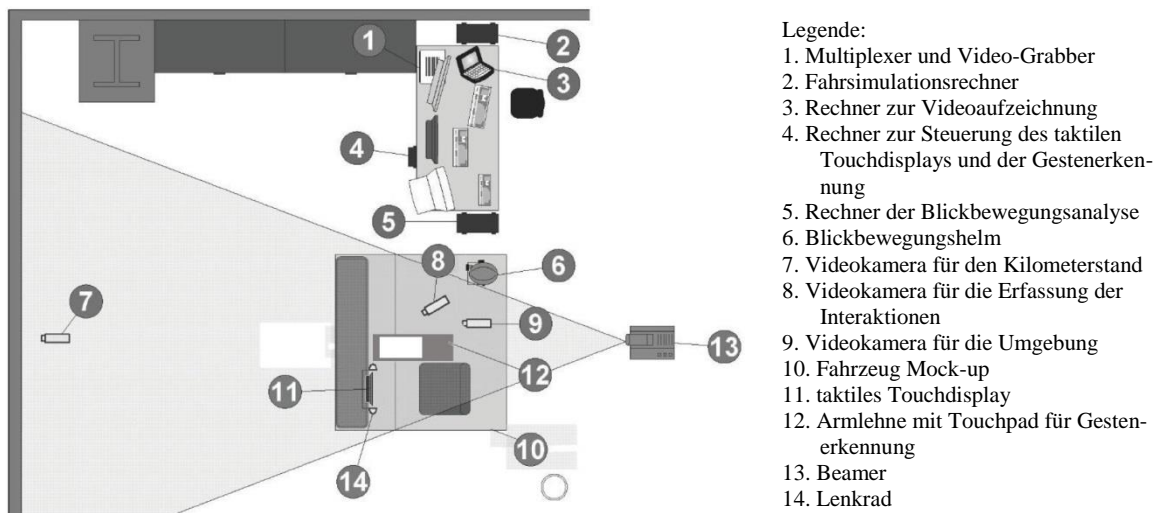


Abbildung 4-4: Versuchsaufbau des statischen IAD-Fahrsimulators (nach Schreiber, 2012).

Messgrößen und -methoden. Zur Bewertung der Interaktionskonzepte und des Entwicklungsfortschritts dieser Iteration wurden Blickbewegungs- und Simulatordaten (u.a. Lenkbewegungen, Manöver- und Parametereingaben) aufgezeichnet. Weiterhin wurde die Mensch-Maschine-Schnittstelle und die Umgebung des Fahrzeugs auf Video aufgenommen. Zusätzlich wurden zur Beurteilung der Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie des *Conduct-by-Wire*-Konzepts nach jeder Messfahrt standardisierte (z.B. AttrakDiff™ 2 nach Hassenzahl et al., 2003) und selbsterstellte Fragebögen beantwortet. Nach dem Abschluss aller Fahrten wurde

schließlich ein weiterer Fragebogen ausgegeben, in dem alle Interaktionskonzepte miteinander verglichen wurden. Die Fragebögen finden sich im Anhang C dieser Arbeit.

Probandenkollektiv. An der Studie nahmen insgesamt 29 Probanden teil (Alter: $\bar{x} = 26,97$ Jahre; $\sigma = 5,65$ Jahre. Geschlecht: 16 Männer), die alle zum Zeitpunkt der Studie über einen gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland verfügten (Führerscheinbesitz: $\bar{x} = 8,5$ Jahre; $\sigma = 4,95$ Jahre).

4.2.3.2 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Evaluationsstudie dargestellt. Hierbei wird der Fokus auf diejenigen Ergebnisse gelegt, die sich zur Bewertung der Interaktionskonzepte eignen (vgl. 2.2.2.2). Da nicht alle Datensätze vollständig ausgewertet werden konnten, wird zu Beginn jedes Abschnitts die Anzahl der ausgewerteten Datensätze angegeben. Das Vorgehen der statistischen Auswertung wird in Kapitel 3.2 detailliert dargestellt und daher hier nicht weiter beschrieben. Die Darstellung der Ergebnisse zu der prozentualen Blickverteilung, den Eingabefehlern sowie dem AttrakDiff™ 2 Fragebogen orientiert sich an Franz et al. (2012).

Prozentuale Blickverteilung ($n = 15$). Der höchste prozentuale Anteil an Blicken auf die Straße wurde bei der Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen ($\bar{x} = 88,4\%$; $\sigma = 4,3\%$; siehe Abbildung 4-5) erreicht. Während der Fahrt mit der Gestenerkennung ($\bar{x} = 83,4\%$; $\sigma = 6,5\%$) blickte der Fahrer prozentual signifikant ($p < 0,017$) weniger auf die Straße. Der niedrigste prozentuale Anteil an Blicken auf die Straße wurde mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 79,98\%$; $\sigma = 9,3\%$) erreicht. Verglichen mit den herkömmlichen Bedienelementen kann ein signifikanter Unterschied gezeigt werden ($p < 0,017$). Der Unterschied zu der Gestenerkennung ist statistisch nicht signifikant.

Signifikante Unterschiede ergaben sich auch bei dem prozentualen Anteil der Blicke auf das Eingabegerät. Bei der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* blickte der Fahrer im Mittel zu einem prozentualen Anteil von 7,4% ($\sigma = 3,2\%$) auf das Bedienelement (siehe Abbildung 4-5). Dieser Wert unterscheidet sich signifikant ($p < 0,017$) von den prozentualen Blickanteilen auf das Eingabegerät bei der Fahrt mit den herkömmlichen Bedienelementen ($\bar{x} = 0,07\%$; $\sigma = 0,16\%$) sowie mit der Gestenerkennung ($\bar{x} = 0,34\%$; $\sigma = 0,42\%$). Beim Vergleich der herkömmlichen Bedienelemente mit der Gestenerkennung kann ebenfalls ein signifikanter Unterschied gezeigt werden ($p < 0,017$).

Vergleicht man die prozentualen Blickanteile auf das Head-up-Display während der Fahrt mit der Gestenerkennung ($\bar{x} = 12,9\%$; $\sigma = 5,4\%$) mit den Werten während der Benutzung der herkömmlichen Bedienelemente ($\bar{x} = 8,8\%$; $\sigma = 3\%$), zeigen sich signifikante Unterschiede ($p < 0,017$; siehe Abbildung 4-5). Beim Vergleich des *taktilen Touchdisplays* ($\bar{x} = 9,96\%$; $\sigma = 6,7\%$) mit den herkömmlichen Bedienelementen sowie der Gestenerkennung, können keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden.

Die prozentualen Blickanteile in die Umgebung und auf den Innenspiegel (siehe Abbildung 4-5) weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Interaktionskonzepten auf.

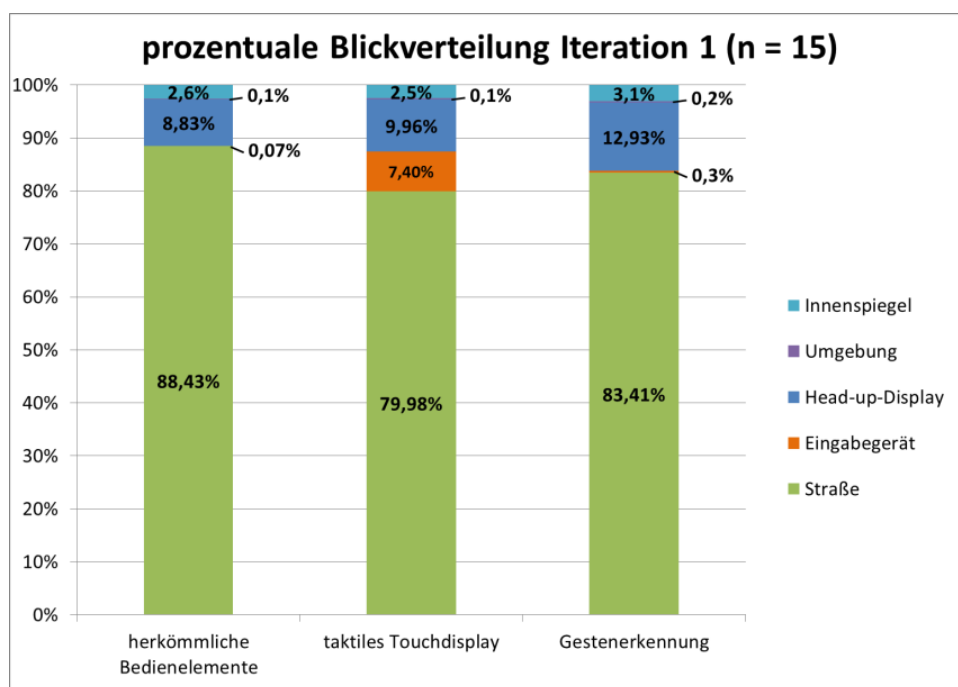


Abbildung 4-5: Prozentuale Blickverteilung (nach Franz et al., 2012).

Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät ($n = 15$). Bei der Interaktion mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 37,5$; $\sigma = 12,3$) blicken die Fahrer signifikant ($p < 0,017$) öfter auf das Eingabegerät, als bei der Fahrt mit der Gestenerkennung ($\bar{x} = 3,5$; $\sigma = 4,4$) und den herkömmlichen Bedienelementen ($\bar{x} = 0,5$; $\sigma = 0,99$). Auch der Vergleich der Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät während der Fahrt mit der Gestenerkennung und den herkömmlichen Bedienelementen ist signifikant ($p < 0,017$).

Betrachtet man die Anzahl der Blicke mit einer Blickdauer von über 1,5s auf das Eingabegerät, fällt auf, dass während der Fahrt mit den herkömmlichen Bedienelementen ein Proband einmal länger als 1,5s auf das Eingabegerät blickte ($\bar{x} = 0,07$; $\sigma = 0,3$; Dauer längster

Blick = 1,99s). Bei Verwendung der *Gestenerkennung* blickten zwei Probanden jeweils einmal länger als 1,5s auf das Eingabegerät ($\bar{x} = 0,1$; $\sigma = 0,4$; Dauer längster Blick = 1,98s). Der Unterschied zwischen diesen beiden Interaktionskonzepten ist nicht signifikant. Während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* blickten alle Probanden länger als 1,5s auf das Eingabegerät ($\bar{x} = 6,8$; $\sigma = 3,7$; Dauer längster Blick = 14,01s). Im Vergleich zu den anderen Interaktionskonzepten sind die Unterschiede statistisch signifikant ($p < 0,017$).

Eingabefehler (n = 29). Während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* traten keine falsch negativen (eine Eingabe wurde eingegeben und keine erkannt) oder falsch positiven (eine Eingabe wurde eingegeben und eine andere erkannt) Eingabefehler auf. Im Vergleich dazu, erlebte nahezu jeder Proband bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* falsch negative Eingabefehler ($\bar{x} = 10,7$; $\sigma = 9,9$). Während der Fahrt mit der *Gestenerkennung* trat einmal ein falsch positiver Eingabefehler auf. Hierbei wurde anstatt des eingegebenen Manövers *Fahrstreifenwechsel rechts* eine *Fahrstreifenwechsel-links*-Geste erkannt. Insgesamt konnte bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* eine Erkennungsrate von 73% erreicht werden. Im Unterschied zu der Darstellung in Franz et al. (2012) wurde hier jede Eingabe separat betrachtet. Beispielsweise zählen Gesten, die in kurzem Zeitabstand nach einer korrekt erkannten Gesteneingabe nochmals vom Fahrer eingegeben und hierbei nicht erkannt wurden, als Fehler.

Hedonische und pragmatische Qualität (n = 29). Bei der Fahrt mit den herkömmlichen Bedienelementen wurde die pragmatische Qualität am höchsten bewertet (siehe Abbildung 4-6). Auf einer Skala von 1 bis 7 erreichte die herkömmlichen Bedienelemente im Mittel $\bar{x} = 5,1$ ($\sigma = 0,8$). Diese Bewertung unterscheidet sich im Vergleich zum *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 4,98$; $\sigma = 0,7$) nicht signifikant. Die niedrigste pragmatische Qualität wurde von der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,3$; $\sigma = 1,2$) erreicht. Im Vergleich zu den herkömmlichen Bedienelementen sowie dem *taktilen Touchdisplay* handelt es sich um signifikante Unterschiede ($p < 0,017$).

Bei der Bewertung der hedonischen Qualität schnitt die *Gestenerkennung* am besten ab. Sie erzielte auf einer Skala von 1 bis 7 einen Mittelwert von $\bar{x} = 4,8$ ($\sigma = 0,6$). Im Vergleich hierzu wurden die herkömmlichen Bedienelemente ($\bar{x} = 3,8$; $\sigma = 0,5$) signifikant ($p < 0,05$) und das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 4,5$; $\sigma = 0,6$) nicht signifikant schlechter bewertet. Der Unterschied zwischen dem *taktilen Touchdisplay* und den herkömmlichen Bedienelementen ist signifikant ($p < 0,05$).

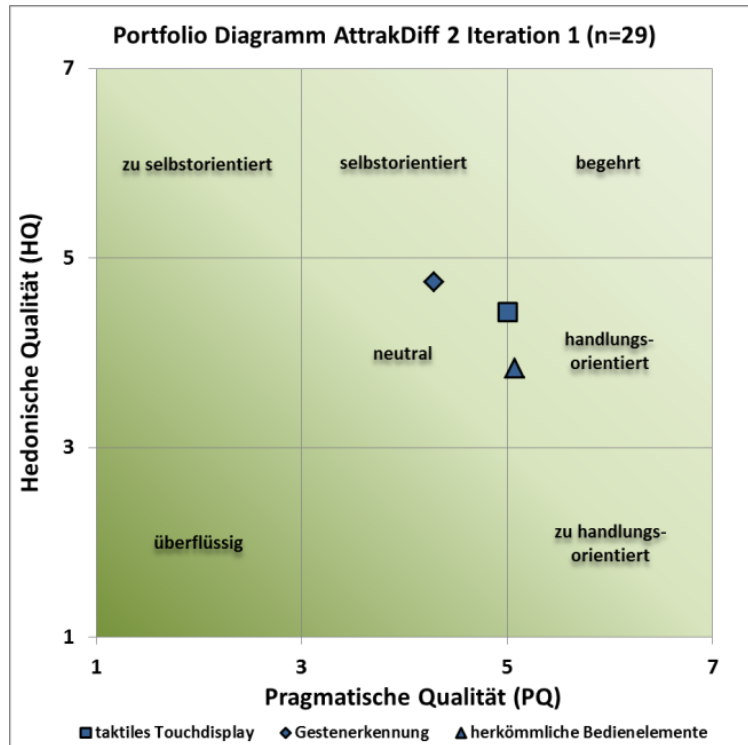


Abbildung 4-6: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der ersten Iteration. (nach Franz et al., 2012).

Vergleichsfragebogen (n = 25). Mit der Hilfe von 5-stufigen Likert-Skalen (0: stimme vollkommen zu; 4: stimme überhaupt nicht zu) wurden die Probanden hinsichtlich ihrer Zustimmung zu Aussagen bezüglich der Einfachheit der Parameter- sowie Manövereingabe, der Ablenkung vom Verkehrsgeschehen und der Erlernbarkeit der Interaktionskonzepte befragt.

Der Aussage, „es war leicht dem Fahrzeug ein Manöver/Parameter zu übergeben“, stimmten die Probanden im Mittel nach der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 1,28$; $\sigma = 1,36$) eher zu (siehe Abbildung 4-7 Mitte). Nach der Fahrt mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 2,16$; $\sigma = 1,18$) wurde die Aussage im Mittel eher abgelehnt. Der Unterschied ist statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Beim Vergleich der Interaktionskonzepte hinsichtlich der Aussage, ob die Bedienung vom Verkehrsgeschehen ablenkt, schnitten die herkömmlichen Bedienelemente ($\bar{x} = 3,4$; $\sigma = 0,82$) am besten ab (siehe Abbildung 4-7 rechts). Im Vergleich wurde die *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 2,88$; $\sigma = 1,24$) im Mittel schlechter bewertet, wobei statistisch keine Signifikanz gezeigt werden kann. Das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 1,52$; $\sigma = 1,26$) schnitt hinsichtlich dieser Aussa-

ge am schlechtesten ab. Die Unterschiede zwischen dem *taktilen Touchdisplay* und den anderen beiden Interaktionskonzepten sind signifikant ($p < 0,017$).

Weiterhin stimmten die Probanden im Mittel der Aussage zu, dass die Bedienung von *Conduct-by-Wire* mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 0,52$; $\sigma = 0,65$) und dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 0,28$; $\sigma = 0,46$) einfach zu erlernen war (siehe Abbildung 4-7 links). Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Bewertungen kann nicht gezeigt werden.

Im direkten Vergleich der *Conduct-by-Wire* Interaktionskonzepte würden sich 14 Probanden für das *taktile Touchdisplay* und 15 Probanden für die *Gestenerkennung* entscheiden.

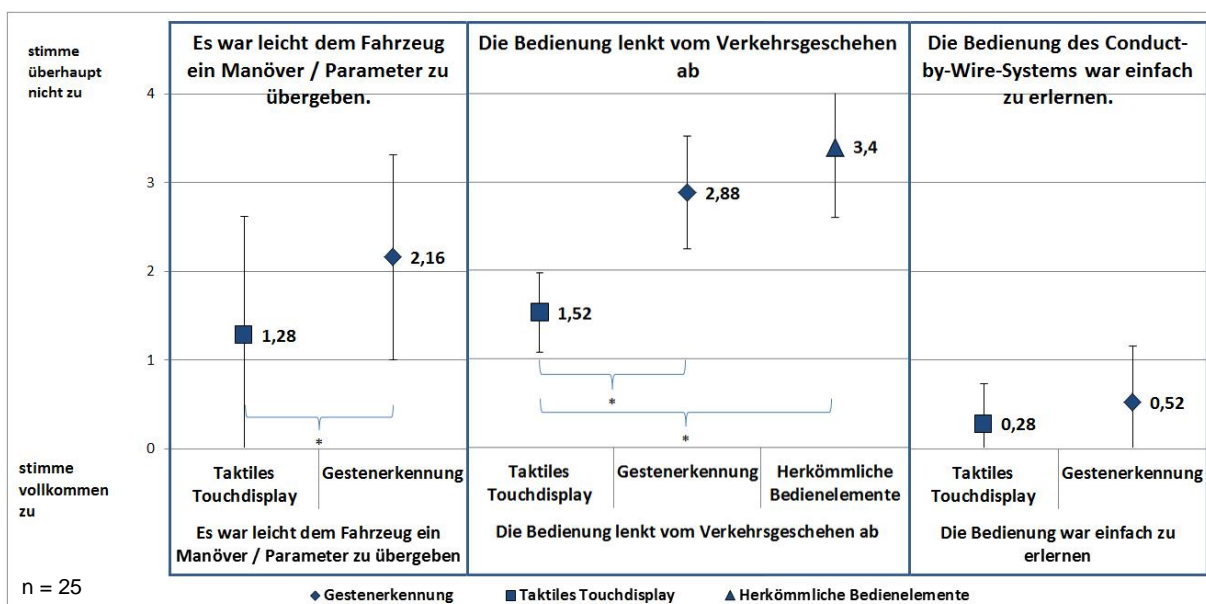


Abbildung 4-7: Subjektive Ergebnisse des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

Weitere Beobachtungen. Während der Fahrt mit der manöverbasierten Fahrzeugführung kam es mehrfach zu der Situation, dass ein *Fahrstreifenwechsel* beauftragt wurde, während sich auf dem Zielfahrstreifen Fahrzeuge befanden. Wie in Kapitel 2.1.2.3 beschrieben, folgt das Fahrzeug in diesem Fall dem aktuellen Fahrstreifen weiter und versucht den Wechsel innerhalb von 10s durchzuführen. Sollte der Wechsel innerhalb von 10s nicht möglich werden, wird die Manövereingabe verworfen. Da der Fahrer über diesen Zustand nicht informiert wurde, kam es verstärkt zu Missverständnissen hinsichtlich des aktiven Manövers.

4.2.3.3 Diskussion

Allgemein ist anzumerken, dass die Bewertungsergebnisse zum Interaktionskonzept eng mit dem zugehörigen Fahrzeugführungskonzept verknüpft sind. Die Unterschiede zwischen den herkömmlichen Bedienelementen und dem *taktilen Touchdisplay* sowie der *Gestenerkennung* sind daher nicht ausschließlich mit dem Interaktionskonzept zu begründen. Die Ergebnisse beim Fahren mit herkömmlichen Bedienelementen dienen daher als Baseline und zur Identifikation weiterer Entwicklungspotentiale. Vergleicht man die Ergebnisse der *Gestenerkennung* mit denen des *taktilen Touchdisplays* fällt auf, dass beide Interaktionskonzepte Vor- und Nachteile aufweisen (Franz et al., 2012).

Mit der *Gestenerkennung* konnte der prozentuale Anteil der Blicke auf die Straße bei der manöverbasierten Fahrzeugführung verbessert werden. Im Vergleich zu der manuellen Fahrzeugführung mit herkömmlichen Bedienelementen ist dieser Anteil aber noch immer signifikant niedriger. Es ist allerdings anzumerken, dass das Head-up-Display bei der manuellen Fahrzeugführung eine kleinere Fläche bedeckte (siehe Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2). Hierdurch ist anzunehmen, dass bei der manöverbasierten Fahrzeugführung mehr Blicke dem Head-up-Display zugeordnet wurden als bei der manuellen Fahrzeugführung. Rechnet man die Blicke auf das Head-up-Display zu den Blicken auf die Straße, ergibt sich für die manuelle Fahrzeugführung im Mittel ein prozentualer Anteil von 97,3% ($\sigma = 1,86\%$). Dieser Wert unterscheidet sich nicht signifikant von der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 96,34\%$; $\sigma = 2,77\%$) und signifikant von dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 89,94\%$; $\sigma = 4,23\%$; $p < 0,05$). Auch der Unterschied zwischen der *Gestenerkennung* und dem *taktilen Touchdisplay* ist signifikant ($p < 0,05$). Die Forderung nach einem identischen Blickverhalten bei der herkömmlichen und manöverbasierten Fahrzeugführung (A11) wird dennoch für beide Interaktionskonzepte als nicht erfüllt angesehen, da auch bei den prozentualen Blicken auf das Eingabegerät signifikante Unterschiede bestehen. Auch beim Vergleich der Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät schneiden die *Gestenerkennung* und das *taktile Touchdisplay* signifikant schlechter ab als die herkömmlichen Bedienelemente. Die zugehörige Anforderung (A12) kann daher von keinem Interaktionskonzept erfüllt werden. Da bei der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* alle Probanden länger als 1,5s auf das *taktile Touchdisplay* blickten und sogar Blickzeiten bis 14s aufgezeichnet wurden, sind die Anforderungen nach Blickzeiten von weniger als 1,5s (A9 & A10) nicht erfüllt. Auch bei der *Gestenerkennung* und den herkömmlichen Bedienelementen traten Blickzeiten von 1,9s auf. Aufgrund der geringen Anzahl von insgesamt drei Blicken

kann statistisch von Ausreißern ausgegangen werden, sodass die Anforderung von der *Gestenerkennung* und den herkömmlichen Bedienelementen erfüllt wurde. Auffällig bei der Betrachtung der Blicke auf das Eingabegerät ist auch, dass die Probanden nach dem Auftreten von Eingabefehlern auf das Bedienelement geblickt haben. Vermutlich wurde mit diesen Kontrollblicken die richtige Position der Hand auf dem Touchpad überprüft. Es wird daher angenommen, dass eine Reduktion der Eingabefehler die Anzahl der Blicke auf das Bedienelement ebenfalls vermindert.

Die Nutzungsanforderungen nach maximal 2% falsch negativen und keinen falsch positiven Eingabefehlern (A13 & A14) konnten mit dem *taktilen Touchdisplay* erfüllt werden. Bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* kam es bei 27% der Eingaben zu falsch negativen Eingabefehlern sowie zu einem falsch positiven Eingabefehler und somit zu einer Verletzung der Nutzungsanforderungen. Der Anstieg der Fehlerrate ist mit der Änderung des Manöver- und Parametereingabe zu begründen. Da bei der *Gestenerkennung* ein Algorithmus die Nutzereingaben interpretiert, ist im Vergleich zum *taktilen Touchdisplay* eine zusätzliche Fehlerquelle vorhanden, die technisch beherrscht werden muss. Bei der umgesetzten *Gestenerkennung* kam es während der Versuche vermehrt zu hardwarebedingten Problemen. Durch das optische Erkennungsverfahren war es notwendig, die Finger mit leicht erhöhtem Druck auf die Oberfläche der *Gestenerkennung* aufzulegen. Eine einfache Berührung reichte in den meisten Fällen nicht für eine Erkennung aus. Vor allem bei der Bewegung der Finger während der Geste kam es hierdurch zu einem ungewünschten Verlust von Datenpunkten, die eine anschließende Erkennung durch den Algorithmus unmöglich machten. Es wird daher angenommen, dass eine technische Verbesserung der Hard- und Software die Erkennungsleistung stark verbessert und somit die Anzahl der Eingabefehler senkt.

Die objektiv gemessene Anzahl der Eingabefehler spiegelt sich auch in der subjektiven Bewertung der Benutzbarkeit wider. Trotz der Einschätzung, dass mit der *Gestenerkennung* dem Fahrzeug signifikant leichter Manöver und Parameter übergeben werden konnten, wurde die pragmatische Qualität der *Gestenerkennung* signifikant schlechter bewertet als die des *taktilen Touchdisplays*. Die Nutzungsanforderung nach einer pragmatischen Qualität auf dem Level der herkömmlichen Bedienelemente (A15) konnte daher nur von dem *taktilen Touchdisplay* erfüllt werden. Es wird angenommen, dass die pragmatische Qualität der *Gestenerkennung* durch eine Verbesserung der Erkennungsrate ebenfalls verbessert werden kann.

Die Forderung nach einer mindestens gleichwertigen hedonischen Qualität (A16) der manöverbasierten Interaktionskonzepte im Vergleich zu den herkömmlichen Bedienelementen konnte von beiden Konzepten erfüllt werden. Es ist anzunehmen, dass hier die Veränderung zu einer neuartigen Fahrzeugführung einen großen Anteil am Ergebnis hat. Im direkten Vergleich der manöverbasierten Interaktionskonzepte schnitt die *Gestenerkennung* im Mittel besser, aber nicht signifikant besser ab. Hieraus wird geschlossen, dass hinsichtlich der hedonischen Qualität beide manöverbasierte Interaktionskonzepte weiterverfolgt werden können.

Die Forderung nach der Erkennbarkeit des Manöverzustandes (A5) konnte nicht in jeder Situation erfüllt werden. In Fahrstreifenwechselsituationen mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen wurde das Systemverhalten des *Conduct-by-Wire* Fahrzeug bei beiden Gestaltungslösungen nicht ausreichend erklärt. Dieser Missstand wird daher in der nächsten Iteration gesondert beachtet.

Alle weiteren Anforderungen konnten von beiden Interaktionskonzepten erfüllt werden.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass die *Gestenerkennung* gegenüber dem *taktilen Touchdisplay* Vorteile bei der Blickverteilung aufweist. Andererseits treten bei der *Gestenerkennung* Eingabefehler auf, die zu einer niedrigeren Benutzbarkeit führen. Hierbei wird dem Blickverhalten eine höhere Priorität zugewiesen, da der Fahrer jederzeit in der Lage sein soll, die Kontrolle des Fahrzeugs auf Stabilisierungsebene zu übernehmen. Insgesamt erwies sich daher die Trennung von Bedien- und Ausgabeelement als vielversprechend, sodass das Interaktionskonzept *Gestenerkennung* nicht verworfen wird. Auch für die Entwicklung weiterer Interaktionskonzepte, sollte die Trennung von Bedien- und Ausgabeelementen grundlegend beachtet werden. Die Ergebnisse dieser Evaluation fließen in die zweite Iteration ein, die im nächsten Kapitel beschrieben wird.

4.3 Iteration 2: *taktilen Touchdisplay*, *Gestenerkennung* & *pieDrive*

In diesem Kapitel wird die zweite Iteration bei der Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung dargestellt. Mit den Ergebnissen aus der ersten Evaluationsstudie werden in Kapitel 4.3.1 zunächst die Nutzungsanforderungen hinterfragt und erweitert. Anschließend werden die bestehenden Gestaltungslösungen an die neuen Nutzungsanforderungen angepasst sowie eine neue Gestaltungslösung entwickelt (siehe Kapitel 4.3.2). Die drei Gestaltungslösungen werden schließlich in Kapitel 4.3.3 evaluiert und diskutiert.

4.3.1 Nutzungsanforderungen

In diesem Kapitel werden die Nutzungsanforderungen aus Kapitel 4.2.1 anhand der Evaluationsergebnisse der ersten Iteration (siehe Kapitel 4.2.3) überarbeitet. Zur besseren Übersicht werden hier nur die Veränderungen dargestellt und diskutiert. Die vollständige Nutzungsanforderungsliste für Iteration 2 findet sich in Anhang D.

Bei der Evaluation fiel auf, dass die Fahrer nicht ausreichend über den Systemzustand bei Fahrstreifenwechseln mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen informiert wurden. Um den Fahrer in dieser Situation zu unterstützen, wurde die Festforderung „*Der Fahrer muss über eine verzögerte Manöverausführung informiert werden*“ ergänzt (A17). Weiterhin muss das aktive Manöver und seine Auswirkung besser erklärt werden. In der Anforderungsliste wird diesem Aspekt mit der Nutzungsanforderung „*die Auswirkung des aktiven Manövers ist erkennbar*“ (A18) Rechnung getragen. Zusammenfassend sind die ergänzten Nutzungsanforderungen in Tabelle 4-3 dargestellt.

Tabelle 4-3: Neu ermittelte Nutzungsanforderungen zur Ergänzung der Liste in Kapitel 4.2.1. Die vollständige Liste findet sich in Anhang D. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)

Nutzungsanforderung an das Interaktionskonzept		Typ	Wert / Wertebereich
A. Während der manöverbasierten Fahrzeugführung			
A17	Der Fahrer muss über eine verzögerte Manöverausführung informiert werden (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A18	Die Auswirkung des aktiven Manövers ist erkennbar.	FF	-

Die erweiterte Anforderungsliste wird verwendet, um im nächsten Kapitel die bestehenden Gestaltungslösungen zu überarbeiten sowie eine neue Gestaltungslösung abzuleiten.

4.3.2 Entwickeln von Gestaltungslösungen

Bei der Entwicklung der Gestaltungslösungen der zweiten Iteration war der erste Schritt, die bestehenden Gestaltungslösungen auf Basis der Evaluationsergebnisse (siehe Kapitel 4.2.3) sowie der ergänzten Nutzungsanforderungen (siehe Kapitel 4.2.1 und 4.3.1) zu überarbeiten. Nachfolgend werden der Weg sowie die finale Überarbeitung für jede Gestaltungslösung getrennt dargestellt:

Gestenerkennung. Die Hauptziele der Weiterentwicklung der *Gestenerkennung* lagen in der Reduktion der Eingabefehler sowie in der Verbesserung des Blickverhaltens. Die Eingabefehler wurden, wie in Kapitel 4.2.3.3 beschrieben, hauptsächlich auf die Hard- und Software der *Gestenerkennung* zurückgeführt. Um die Hardware der *Gestenerkennung* zu verbessern, wurde das selbst entwickelte Touchpad durch ein Apple iPad™ der ersten Generation ersetzt. Hierdurch konnte die fehleranfällige optische Berührungserkennung durch ein robusteres kapazitives Verfahren ersetzt werden. Um eine hohe Anpassbarkeit an den Fahrer zu gewährleisten, wurde eine neue Armstütze konstruiert, die eine Verstellung in Fahrzeuglängsrichtung und in Richtung der Fahrzeughochachse ermöglicht (siehe Abbildung 4-8). Zusätzlich kann der Winkel des iPads™ zur Armlehne verändert werden. Um eine bequeme Bedienungs- und Ruheposition zu gewährleisten, wurde zusätzlich eine Handballenauflage integriert.

Auf dem iPad™ kam die von Martin Kaltenbrunner entwickelte Open Source App TuiPad (Apple, 2012) in einer angepassten Version zum Einsatz. Die Anpassung der Version 1.0.0 besteht darin, dass alle auf dem iPad™ angezeigten Elemente entfernt wurden, sodass bei der Bedienung lediglich ein schwarzer Bildschirm zu sehen ist. Die App übernimmt die Aufgabe, allen Berührungen zu jedem Zeitpunkt eine eindeutige ID zuzuweisen, sie in Koordinaten umzuwandeln und diese zusammen mit der ID über das standardisierte TUIO-Protokoll (tuo.org, 2013) an einen Rechner zu übermitteln. Auf dem Rechner werden die Daten anschließend mit einer selbstentwickelten Software analysiert und die erkannten Gesten an die Fahrsimulationssoftware weitergegeben.











Abbildung 4-8: Eingabegerät der *Gestenerkennung* in der rechten Armlehne des Fahrersitzes.

Um das Blickverhalten des Fahrers während der Fahrt mit der *Gestenerkennung* zu verbessern sowie die Nutzungsanforderung nach der Erkennbarkeit der Auswirkung des aktiven Manövers zu erfüllen (A18), wurde das Head-up-Display grundlegend überarbeitet (siehe Abbil-

dung 4-9). Im unteren Bereich des Head-up-Displays werden die *Wunschgeschwindigkeit* (links), die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit (Mitte) und die erlaubte Geschwindigkeit (rechts) angezeigt. Im Vergleich zur bisherigen Gestaltung (siehe Abbildung 4-1) wird die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit aufgrund ihrer Wichtigkeit zentral und größer dargestellt. Weiterhin wurde die Darstellung der *Wunschgeschwindigkeit* um ein Kreissegment und ein Dreieck ergänzt, um die Unterscheidbarkeit zu den anderen Geschwindigkeiten zu fördern. Die bisher verwendete Schriftart Arial wird auch weiterhin verwendet. Die *Exzentrizität des Fahrzeugs im Fahrstreifen* sowie die *Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug* werden auch weiterhin über die vertikalen bzw. horizontalen Balken rechts und links neben bzw. über den Geschwindigkeiten dargestellt. Im Vergleich zur bisherigen Darstellung wurde allerdings die Balkenreihenfolge geändert. Die Balkenlänge repräsentiert für den Fahrer nun den Abstand zur Fahrstreifenbegrenzung bzw. zum vorausfahrenden Fahrzeug, sodass bei kleiner werdendem Abstand die längeren Balken wegfallen. Für die Veränderung der Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug wurde daher auch die Interaktion verändert. Da die Zeitlücke für den Fahrer allgemein ein abstraktes Maß darstellt, wurde die Bewegung des Fahrzeugs als Bedienmetapher verwendet: die Fingerbewegungen beschreiben die Fahrzeugbewegungen. Dementsprechend bewegt sich das eigene Fahrzeug nach vorne, wenn die Finger nach vorne bewegt werden. Für die Einstellung der *Zeitlücke* bedeutet das, dass eine Aufwärtsbewegung eine Verminderung der *Zeitlücke* bewirkt. Alle weiteren Interaktionen bleiben unverändert (siehe Tabelle 4-4). Zusätzlich wird während der Änderung eines Parameters durch den Fahrer die zugehörige Darstellung im Head-up-Display hellgrün hervorgehoben. Somit konnte zusammenfassend das Dialogverhalten sowie die Informationsdarstellung vereinheitlicht und vereinfacht werden (vgl. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-400; DIN EN ISO 9241-110; DIN EN ISO 15006).

Über dem Parameterbereich werden die verfügbaren und das aktive Manöver in Form von Icons dargestellt. Hierbei wird das aktive Manöver hellgrün hervorgehoben. Um keine wichtigen Umgebungsinformationen zu überdecken (vgl. Stevens et al., 2002) wurde auf eine vollflächige Darstellung der Icons verzichtet. Stattdessen wird das Manöversymbol umgeben von einem Rahmen angezeigt. Das Manöversymbol entspricht hierbei der auszuführenden Geste. Somit leiten die angezeigten Informationen den Nutzer zum erfolgreichen Abschluss der Eingabe (vgl. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-110).

Tabelle 4-4: Aktualisierte Übersicht über die Parameter- und Manövergesten (angelehnt an Franz et al., 2012; Franz et al., 2011).

Manöver	Beschreibung der Geste	
Geradeaus		Bewegen eines Fingers nach oben.
Fahrstreifenwechsel links		Sigmoidförmiges Bewegen eines Fingers von rechts unten nach links oben.
Fahrstreifenwechsel rechts		Sigmoidförmiges Bewegen eines Fingers von links unten nach rechts oben.
Abbiegen links		Halbkreisförmiges Bewegen eines Fingers von rechts unten nach links oben.
Abbiegen rechts		Halbkreisförmiges Bewegen eines Fingers von links unten nach rechts oben.
Parameter	Beschreibung der Geste	
Wunschgeschwindigkeit		Bewegen von vier Fingern aufwärts (vermindern) oder abwärts (erhöhen).
Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug		Bewegen von zwei Fingern aufwärts (erhöhen) oder abwärts (vermindern).
Exzentrizität im Fahrstreifen		Bewegen von zwei Fingern nach rechts/links (Fahrzeug fährt weiter rechts/links).

Zur Verdeutlichung des aktiven Manövers und dessen Auswirkung wird um den Manöver- und Parameterbereich die zukünftige Trajektorie des Fahrzeugs kontaktanalog angezeigt (Franz, Schreiber, Kauer, Geyer & Bruder, 2011). Als kontaktanalog werden Inhalte eines Head-up-Displays bezeichnet, deren Anzeigeposition nicht konstant ist und sich in Bezug zur Umgebung ändern kann. Nach (Schneid, 2009) findet hierbei eine kontext- und situationsabhängige Überlagerung des Sichtfelds mit Informationen statt, wobei die Informationen für den Fahrer in allen drei Raumrichtungen den Anspruch der Ortskorrektheit erfüllen. Die angezeigte Trajektorie verändert sich dementsprechend kontinuierlich und zeigt dem Fahrer an, wohin das Fahrzeug in naher Zukunft fahren wird. Die Darstellung der Trajektorie wurde in einem Expertenworkshop erarbeitet (siehe Franz et al., 2011) und stellt in der finalen Version ein auf der Straße aufliegenden Pfeil dar. Die rechte und linke Außenlinie des Pfeils stellen hierbei die äußeren Begrenzungen des Fahrzeugs dar. Mit der Pfeilspitze wird der Punkt der Trajektorie markiert, an dem das Fahrzeug bei einem augenblicklichen Setzen der Wunschgeschwindigkeit auf 0km/h zum Stehen kommen würde (komfortbetonte Bremsung mit 2m/s^2 ; vgl. Wu, Liu & Pan, 2009). Ist der Endpunkt des Manövers weiter entfernt als der komfortable Anhalteweg, wird die restliche Trajektorie gestrichelt weitergeführt. Liegt bei einer Fahrt hinter einem vorausfahrenden Fahrzeug der Anhalteweg in oder vor dem Fremdfahrzeug, wird die Pfeilspitze durch eine horizontale Linie ersetzt. Diese wird direkt hinter dem Fremdfahrzeug

angezeigt und kommuniziert so die korrekte Erkennung des vorrausfahrenden Fahrzeugs an den Fahrer. Weiterhin kann hiermit in den meisten Fällen eine störende Verdeckung der Trajektorie mit anderen Verkehrsteilnehmern verhindert werden (vgl. Stevens et al., 2002).

Während eines nicht durchführbaren Fahrstreifenwechsels mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen wird die Fahrstreifenbegrenzungslinie zusätzlich mit einer kontaktanalogen roten Linie überblendet (siehe Abbildung 4-10). Hierdurch soll auf zum einen auf die Fahrzeuge im Wechselbereich hingewiesen und zum anderen der Wartestatus des *Conduct-by-Wire* Fahrzeugs erklärt werden (vgl. DIN EN ISO 9241-110). Sollte das Manöver nach 7s immer noch nicht durchführbar sein, beginnt die rote Linie mit einer Frequenz von 1Hz und einem Taktverhältnis von 1:1 zu blinken (vgl. DIN EN ISO 15008).

Zur Unterstützung der kontaktanalogen Darstellung wurden die statischen Inhalte, also der Manöver- und Parameterbereich, perspektivisch angepasst. Durch die 2,5-dimensionale Darstellung wirkt der Bereich so, als würde er ebenfalls auf der Straße aufliegen. Zusätzlich wird mit dieser Darstellungsform ein kleinerer Umgebungsbereich belegt, sodass die Gefahr der Verdeckung wichtiger Umgebungsinformationen verringert wird.



Abbildung 4-9: Kontaktanalogenes Head-up-Display der Gestenerkennung und des taktilen Touchdisplays während der Fahrt mit aktiviertem *Conduct-by-Wire*.

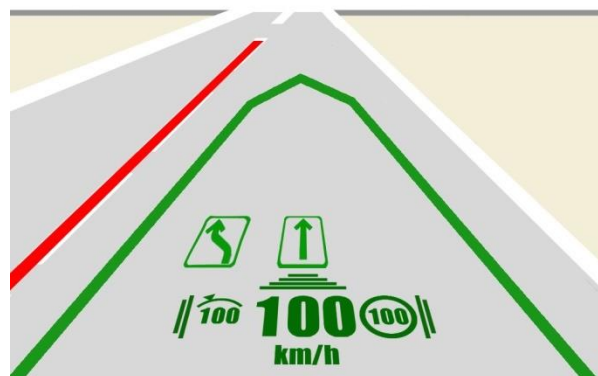


Abbildung 4-10: Kontaktanalogenes Head-up-Display der Gestenerkennung und des taktilen Touchdisplays während eines Fahrstreifenwechsels mit Verkehr auf dem Zielfahrstreifen.

Taktiler Touchdisplay. Das Hauptziel der Weiterentwicklung des taktilen Touchdisplays lag in der Verbesserung des Blickverhaltens des Fahrers während der Bedienung. Da davon ausgegangen werden musste, dass der Fahrer auch weiterhin zur Bedienung auf das Eingabegerät schaut, konnte nur die Darstellung im Head-up-Display angepasst werden. Das Ziel hierbei war, den Fahrer im Head-up-Display über alle Systemzustände zu informieren, sodass nur zur Eingabe der Manöver und Parameter auf das Eingabegerät geschaut werden muss. In der fina-

len Gestaltungslösung kommt daher auch das bereits beschriebene kontaktanaloge Head-up-Display zum Einsatz (siehe Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10).

pieDrive (nach Franz et al., 2012, siehe auch Franz, Kauer & Thom, 2012). Zusätzlich zu dem *taktilen Touchdisplay* und der *Gestenerkennung* wurde eine weitere Gestaltungslösung entwickelt, die die Vorteile der beiden bisherigen Konzepte verbinden und die Nachteile eliminieren soll. Um einen hohen prozentualen Anteil der Blicke auf die Straße zu ermöglichen, basiert die Gestaltungslösung *pieDrive*, wie die *Gestenerkennung*, auf der Trennung von Bedienung und Anzeige. Wie auch bei der *Gestenerkennung* gibt der Fahrer die Manöver- und Parameterbefehle auf dem in der rechten Armlehne des Fahrersitzes integrierten iPad™ ein. Zur Erkennung und Übertragung der Berührungen wird ebenfalls die gleiche Anpassung der TuioPad App verwendet. Weiterhin kommt auch hier ein kontaktanaloges Head-up-Display zum Einsatz, um den Fahrer über den Manöver- und Parameterzustand zu informieren. Im Gegensatz zu dem bereits vorgestellten kontaktanalogen Head-up-Display (siehe Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10), sind die Manöver hier in einem halbkreisförmigen Menü angeordnet (siehe Abbildung 4-12; die halbkreis- bzw. tortenförmige Form des Menüs [engl. *pie menu*] dient zusammen mit dem englischen Wort für „fahren“ [engl. *drive*] als Namensgeber). Sind mehrere Manöver verfügbar, wird der Halbkreis in Segmente unterteilt, wobei jedes Segment für ein Manöver steht. Die Anordnung der Manöver erfolgt hierbei richtungskorrekt, sodass beispielsweise das Manöver „rechts abbiegen“ weiter rechts angeordnet wird als das Manöver „Fahrstreifenwechsel rechts“ (siehe Abbildung 4-12).

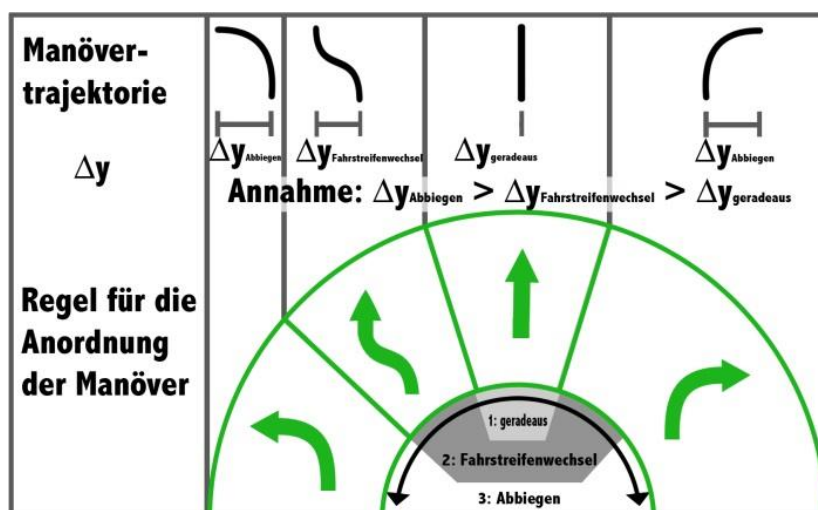


Abbildung 4-11: Anordnung der Manöver im halbkreisförmigen *pieDrive*-Menü (nach Franz et al., 2012).

Zur Eingabe eines Manövers wird ein Finger auf das iPad™ gelegt. Um den ersten Berührungspunkt bildet sich anschließend das im Head-up-Display angezeigte halbkreisförmige Menü. Im Unterschied zu der Darstellung im Head-up-Display ist das unsichtbare halbkreisförmige Menü auf dem Bedienelement allerdings nicht durch einen äußeren Halbkreis, sondern ausschließlich durch die Bedienfläche selbst begrenzt (siehe Abbildung 4-12 unten). Zur Rückmeldung, dass eine Manövereingabe begonnen hat, wird der innere Halbkreis im Head-up-Display hellgrün dargestellt (siehe Abbildung 4-12 links). Zur Auswahl eines Manövers wird der Finger in das gewünschte Manöverfeld bewegt (siehe Abbildung 4-12 Mitte). Ist das Manöverfeld erreicht, wird das zugehörige Segment im Head-up-Display hellgrün hervorgehoben. Zusätzlich wird eine zweite, gestrichelt dargestellte, kontaktanaloge Trajektorie eingeblendet, die das ausgewählte Manöver erklärt. Zur Eingabe des Manövers wird der Finger über dem Segment abgehoben (siehe Abbildung 4-12 rechts). Alternativ kann ein anderes Manöver ausgewählt oder zum Abbruch der Eingabe der Finger in der Startzone oder unter dem Halbkreis abgehoben werden. Durch die Menüdarstellung im Head-up-Display kann dem Fahrer jederzeit die erforderliche Bewegung zum erfolgreichen Abschluss der Eingabe erklärt werden (vgl. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-110). Die Geschwindigkeit der Bewegung ist frei vom Fahrer wählbar (vgl. DIN EN ISO 15005; DIN EN ISO 9241-110; Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; European Commission, 2008; Stevens et al., 2002).

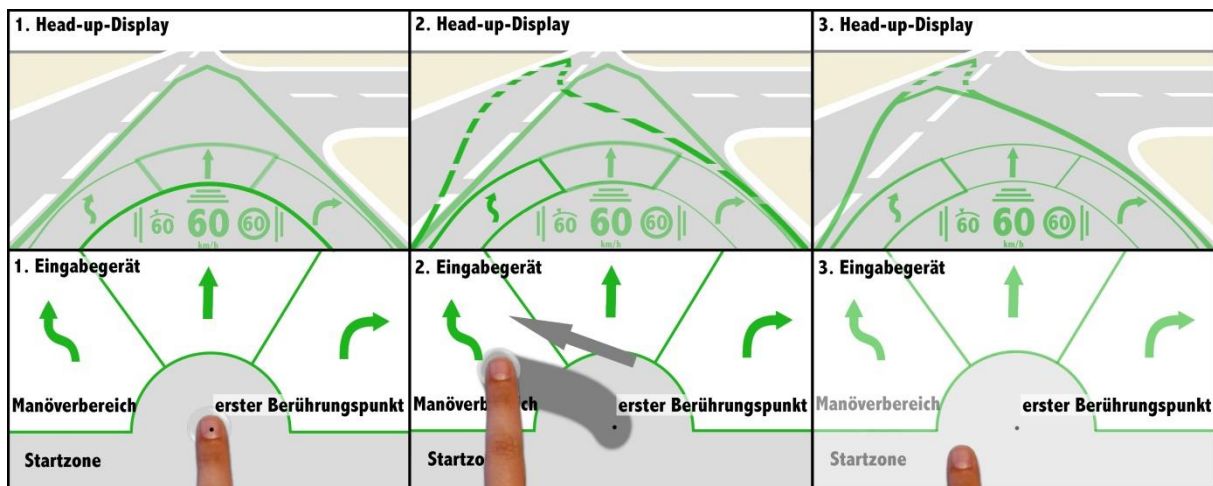


Abbildung 4-12: Kontaktanaloges Head-up-Display der Gestaltungslösung *pieDrive* (nach Franz et al., 2012). Die auf dem Eingabegerät dargestellten Inhalte dienen der Erklärung und sind in der umgesetzten Mensch-Maschine Schnittstelle nicht sichtbar. 1: Das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ ist aktiv und der Fahrer beginnt eine Manövereingabe. 2: Der Fahrer hat das Manöver „Fahrstreifenwechsel links“ ausgewählt. 3: Der Fahrer hat den Fahrstreifenwechsel beauftragt, der nun aktiv ist.

Anders als bei der *Gestenerkennung* werden die Fahrereingaben mit *pieDrive* nicht durch einen aufwändigen Algorithmus interpretiert. Wie auch beim *taktilen Touchdisplay* erfolgt ein robuster Abgleich der Auswahlflächen mit der Berührungskoordinate. Die Änderung der Parameter erfolgt mit *pieDrive* analog zu der *Gestenerkennung*.

Zusätzlich zu den beschriebenen Ein- und Ausgabegeräten für die manöverbasierten Interaktionskonzepte wurden die herkömmlichen Bedienelemente erhalten. Der Fahrer hat somit jederzeit die Möglichkeit, das Fahrzeug manuell auf Stabilisierungsebene zu führen oder in kritischen Situationen einzugreifen.

Zusammenfassend wurden in diesem Kapitel die Überarbeitungen der Interaktionskonzepte *taktilen Touchdisplay* und *Gestenerkennung* vorgestellt. Weiterhin wurde ein neues Interaktionskonzept mit dem Namen *pieDrive* entwickelt, das auf der Trennung von Bedienung und Anzeige und einer Menüauswahl basiert. Für die Umsetzung im Fahrsimulator kommt bei allen Lösungen ein kontaktanaloges Head-up-Display sowie verbesserte Soft- und Hardware zum Einsatz. Im nächsten Kapitel wird die Evaluationsstudie beschrieben, die zum Vergleich der drei Interaktionskonzepte durchgeführt wurde.

4.3.3 Evaluationsstudie

In diesem Kapitel wird die Evaluationsstudie zum Vergleich des *taktilen Touchdisplays* mit der *Gestenerkennung* sowie *pieDrive* beschrieben. Hierzu wird zunächst in Kapitel 4.3.3.1 das Design der Studie vorgestellt. Anschließend werden die Studienergebnisse in Kapitel 4.3.3.2 vorgestellt und in Kapitel 4.3.3.3 diskutiert.

4.3.3.1 Studiendesign

Ablauf der Studie. Die Probandenstudie wurde, wie auch bei der vorherigen Iteration, am statischen Fahrsimulator des Instituts für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (siehe Abbildung 4-4) durchgeführt. Das Ziel der Studie war der Vergleich der drei Interaktionskonzepte (*taktilen Touchdisplay*, *Gestenerkennung* und *pieDrive*) für die manöverbasierte Fahrzeugführung *Conduct-by-Wire*. Da mit den bisherigen Interaktionskonzepten bereits in dem hochstandardisierten Umfeld Autobahn Probleme aufgetreten sind und anzunehmen ist, dass sich diese Probleme in komplexeren Verkehrssituationen verstärken, wurden erneut reine Autobahnfahrten durchgeführt. Um eine hohe Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, kam dieselbe Strecke zum Einsatz, die auch in Iteration 1 und als Teilstück in der

Arbeit von Schreiber (2012) verwendet wurde. Vor jeder Fahrt wurde das Fahrzeugführerkonzept mit der zugehörigen Mensch-Maschine-Schnittstelle schriftlich erklärt (siehe Anhang D). Anschließend befuhren die Probanden eine 4km lange Eingewöhnungs- und schließlich die 18km lange Messfahrt. Um Reihenfolgeeffekte auszuschließen, wurden die Interaktionskonzepte permutiert. Die Vorbereitung der Studie wurde von Thom (2012) im Rahmen seiner Studienarbeit unterstützt. Die Durchführung der Studie erfolgte in den studentischen Arbeiten von Umar (2012) und Wolfsheim (2012).

Messgrößen und -methoden. Die verwendeten Messgrößen entsprechen denen aus Iteration 1. Neben Blickbewegungs- und Simulatordaten wurden auch Videos der Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie der Umgebung aufgezeichnet. Zusätzlich kamen nach jeder Messfahrt erneut standardisierte sowie selbsterstellte Fragebögen und am Versuchsende ein Vergleichsfragebogen zum Einsatz. Die verwendeten Fragebögen finden sich in Anhang D.

Probandenkollektiv. An der Studie nahmen 50 Versuchspersonen teil (Alter: $\bar{x} = 27,3$ Jahre; $\sigma = 8,6$ Jahre. Geschlecht: 36 Männer). Alle Probanden hatten zum Zeitpunkt der Versuche einen gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland (Führerscheinbesitz: $\bar{x} = 9,5$ Jahre; $\sigma = 8,4$ Jahre).

4.3.3.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Probandenstudie vorgestellt. Erneut wird der Fokus auf die Bewertung der Interaktionskonzepte gelegt und die hierfür geeigneten Messgrößen ausgewertet. Zu Beginn jedes Abschnitts sind die Anzahlen der auswertbaren Datensätze angegeben. Das Vorgehen der statistischen Auswertung wird in Kapitel 3.2 detailliert dargestellt und daher hier nicht weiter beschrieben.

Prozentuale Blickverteilung ($n=22$). Da die auf der Straße aufliegende Trajektorie des kontaktanalogen Head-up-Displays einen großen Teil der Straße einschließt, ist bei der Auswertung der Blickbewegungsdaten eine Trennung zwischen den Bereichen „Head-up-Display“ und „Straße“ nicht möglich. Um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen aus der ersten Evaluationsstudie zu ermöglichen und trotzdem die neue Art der Darstellung bewerten zu können, werden die Ergebnisse in zwei Varianten ausgewertet und dargestellt. Zunächst werden die Blicke auf die Trajektorie und auf die Straße einer Kategorie zugeordnet. Die Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich des Head-up-Displays werden hingegen als Blicke auf den statischen Teil des Head-up-Displays klassifiziert. Bei der zweiten Auswertung wer-

den, wie auch bereits in der Diskussion der ersten Evaluationsstudie (siehe 4.2.3.3) beschrieben, alle Blicke auf das Head-up-Display und die Straße einer gemeinsamen Kategorie zugeordnet.

Ordnet man die Blicke auf die Trajektorie der Straße zu, wurden die höchsten prozentualen Anteile an Blicken auf die Straße bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 77,4\%$; $\sigma = 7,9\%$) und *pieDrive* ($\bar{x} = 76,3\%$ ($\sigma = 9,2\%$)) erreicht (siehe Abbildung 4-13). Der Unterschied zwischen den beiden Interaktionskonzepten ist nicht signifikant. Das schlechteste Ergebnis wurde während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* erzielt ($\bar{x} = 72,1\%$; $\sigma = 8,96\%$). Im Vergleich zu der *Gestenerkennung* ist dieser Unterschied signifikant ($p < 0,017$). Der Unterschied zu *pieDrive* ist statistisch nicht signifikant.

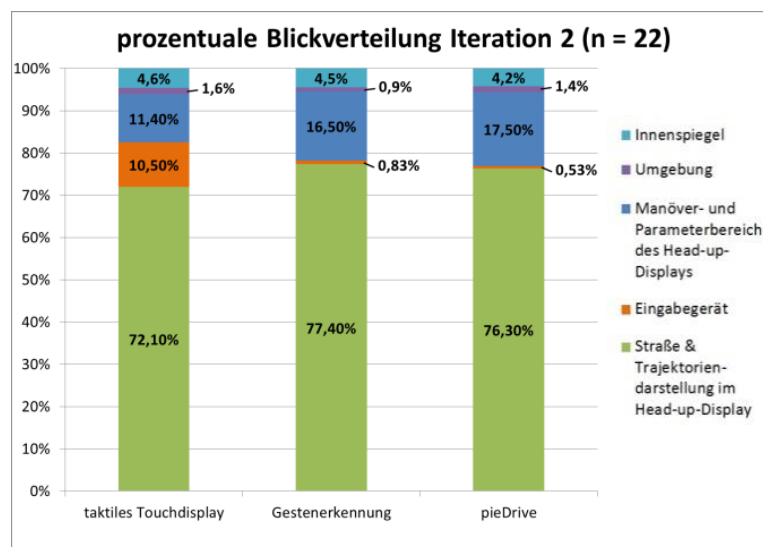


Abbildung 4-13: Prozentuale Blickverteilung mit getrennt dargestelltem Anteil der Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich des Head-up-Displays.

Der höchste Anteil der Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich des Head-up-Displays wurde bei der Fahrt mit *pieDrive* ermittelt ($\bar{x} = 17,5\%$; $\sigma = 7,4\%$; siehe Abbildung 4-13). Mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 16,5\%$; $\sigma = 7,5\%$) ergibt sich eine nicht signifikante Verminderung. Während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 11,4\%$; $\sigma = 4,1\%$) ist der prozentuale Anteil der Blicke im Vergleich zu den anderen Konzepten signifikant niedriger ($p < 0,017$).

Ordnet man die Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich des Head-up-Displays sowie die Blicke auf die Straße einer gemeinsamen Kategorie zu, so ergibt sich bei der *Gestenerkennung* und *pieDrive* im Mittel ein prozentualer Anteil von $\bar{x} = 93,8\%$ (Gestensteuerung:

$\sigma = 4,3\%$; *pieDrive*: $\sigma = 4,7\%$; siehe Abbildung 4-14). Der Unterschied zum *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 83,4\%$; $\sigma = 8\%$) ist statistisch signifikant ($p < 0,017$).

Signifikante Unterschiede wurden auch bei dem prozentualen Anteil der Blicke auf das Eingabegerät festgestellt. Mit *pieDrive* schauen die Probanden im Mittel $\bar{x} = 0,53\%$ ($\sigma = 1,2\%$) und damit signifikant weniger ($p < 0,017$) auf das Eingabegerät als mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 10,5\%$; $\sigma = 6,5\%$; siehe Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14). Auch der Unterschied zwischen der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 0,83\%$; $\sigma = 1,9\%$) und dem *taktilen Touchdisplay* ist signifikant ($p < 0,017$). Zwischen der *Gestenerkennung* und *pieDrive* in kein signifikanter Unterschied ermittelbar.

Die Blickanteile in die Umgebung oder auf den Innenspiegel (siehe Abbildung 4-13 und Abbildung 4-14) weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Konzepten auf.

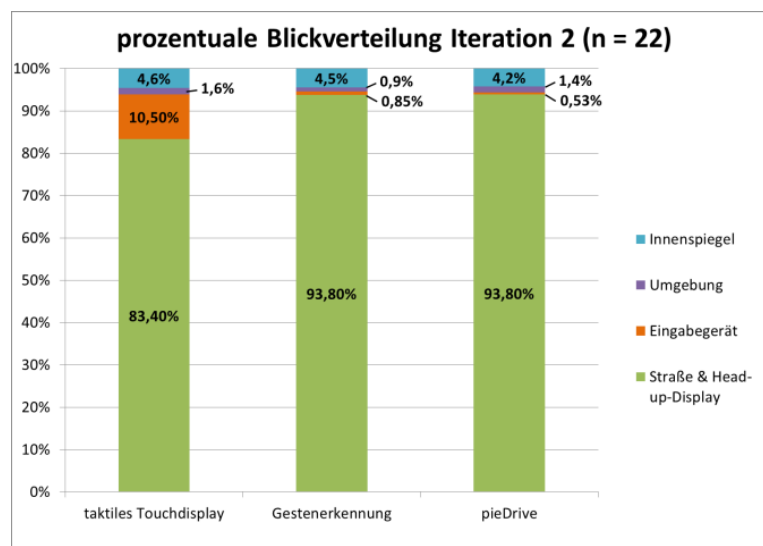


Abbildung 4-14: Prozentuale Blickverteilung mit einer gemeinsamen Kategorie für die Blicke auf das Head-up-Display und die Straße.

Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät ($n = 22$). Bei der Interaktion mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 60,8$; $\sigma = 29$) blicken die Fahrer signifikant ($p < 0,017$) öfter auf das Eingabegerät, als bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,5$; $\sigma = 6,2$) und *pieDrive* ($\bar{x} = 3,5$; $\sigma = 4,3$). Der Vergleich zwischen der *Gestenerkennung* und *pieDrive* ist nicht statistisch signifikant.

Bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 0,2$; $\sigma = 0,5$; Dauer längster Blick = 8s) und *pieDrive* ($\bar{x} = 0,3$; $\sigma = 0,9$; Dauer längster Blick = 3s) blickten insgesamt fünf bzw. sechs Pro-

banden länger als 1,5s auf das Eingabegerät. Der Unterschied zwischen diesen Interaktionskonzepten ist nicht signifikant. Während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 60,7$; $\sigma = 29$; Dauer längster Blick = 26s) blickten alle Probanden mehrfach länger als 1,5s auf das Eingabegerät. Im Vergleich zu den anderen Interaktionskonzepten können signifikante Unterschiede ($p < 0,017$) gezeigt werden.

Eingabefehler ($n = 49$). Während den Versuchsfahrten trat bei keinem Interaktionskonzept ein falsch positiver (eine Eingabe wurde eingegeben und eine andere erkannt) Eingabefehler auf. Während der Fahrt mit dem *taktilen Touchdisplay* traten auch keine falsch negativen (eine Eingabe wurde eingegeben und keine erkannt) Eingabefehler auf. Im Gegensatz hierzu kam es während den Fahrten mit der *Gestenerkennung* und *pieDrive* zu falsch negativen Eingabefehlern. Im Mittel erlebten die Probanden $\bar{x} = 7,7$ ($\sigma = 5,7$) Fehler während der Fahrt mit *pieDrive* und $\bar{x} = 9,1$ ($\sigma = 6,8$) Fehler während der Fahrt mit der *Gestenerkennung*. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Über alle Eingaben betrachtet, wurde mit der *Gestenerkennung* eine Erkennungsrate von 74,6% erreicht. Mit *pieDrive* wurden insgesamt 78,1% der Nutzereingaben korrekt erkannt. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Erkennungsraten kann nicht gezeigt werden.

Hedonische und pragmatische Qualität ($n = 50$). Sowohl die pragmatische als auch die hedonische Qualität wurde bei *pieDrive* am höchsten bewertet (siehe Abbildung 4-15). Auf der Skala von 1 bis 7 erreichte *pieDrive* im Mittel eine pragmatische Qualität von $\bar{x} = 5$ ($\sigma = 0,8$) sowie eine hedonische Qualität von $\bar{x} = 4,9$ ($\sigma = 0,9$). Die pragmatische Qualität der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,7$; $\sigma = 1,1$) und des *taktilen Touchdisplays* ($\bar{x} = 4,8$; $\sigma = 0,8$) unterscheiden sich von dieser Bewertung nicht signifikant. Im Gegensatz hierzu unterscheidet sich die hedonische Qualität des *taktilen Touchdisplays* ($\bar{x} = 4,3$; $\sigma = 0,8$) signifikant ($p < 0,017$) von der Bewertung der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,7$; $\sigma = 0,8$) und von *pieDrive*. Der Unterschied zwischen *pieDrive* und der *Gestenerkennung* ist statistisch nicht signifikant.

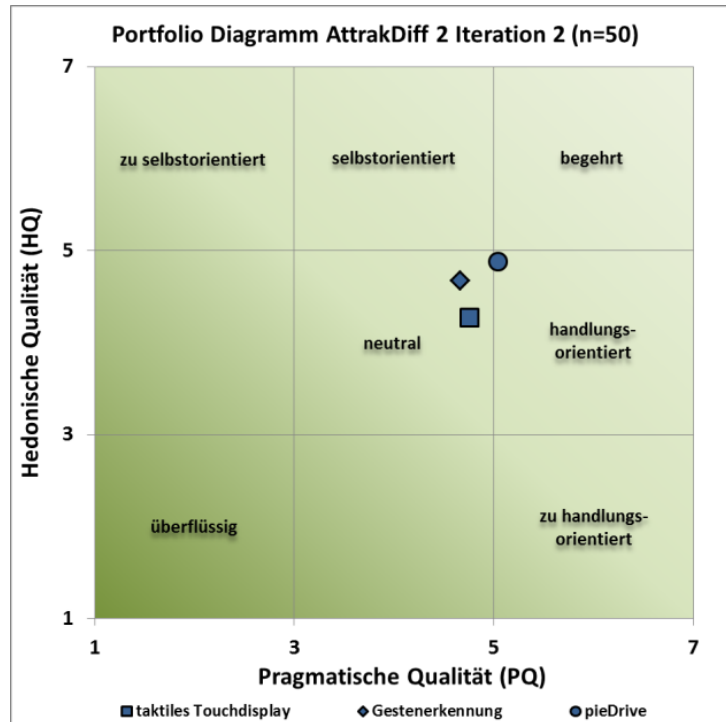


Abbildung 4-15: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der zweiten Iteration.

Vergleichsfragebogen (n = 50). Mit der Hilfe von 7-stufigen Likert-Skalen (0: trifft gar nicht zu; 6: trifft voll zu) wurden die Probanden erneut hinsichtlich ihrer Zustimmung zu Aussagen bezüglich der Einfachheit der Parameter- sowie Manövereingabe, der Ablenkung vom Verkehrsgeschehen und der Erlernbarkeit der Interaktionskonzepte befragt.

Die in der ersten Evaluationsstudie geprüfte Aussage „es war leicht, dem Fahrzeug ein Manöver/Parameter zu übergeben“ wurde in dieser Studie separat für Manöver und Parameter abgefragt. Hierbei zeigte sich, dass den Probanden die Manövereingabe mit *pieDrive* ($\bar{x} = 5$; $\sigma = 1,1$) und dem *taktilen Touchdisplay* ($\bar{x} = 5$; $\sigma = 1,2$) am leichtesten fiel. Der Unterschied zwischen diesen Interaktionskonzepten ist nicht signifikant. Im Gegensatz hierzu ergibt sich im Vergleich mit der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 3,3$; $\sigma = 2$) für die beiden anderen Konzepte ein signifikanter Unterschied ($p < 0,017$). Die Eingabe eines Parameters fiel den Probanden hingegen mit *pieDrive* ($\bar{x} = 4,8$; $\sigma = 1,4$) und der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,4$; $\sigma = 1,5$) am leichtesten. Der Unterschied zwischen diesen Konzepten ist nicht signifikant. Das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 3,9$; $\sigma = 1,7$) wurde hinsichtlich der Aussage im Vergleich zur *Gestenerkennung* nicht signifikant und zu *pieDrive* signifikant ($p < 0,017$) schlechter bewertet.

Im Vergleich der Interaktionskonzepte hinsichtlich der Aussage, ob die Bedienung vom Verkehrsgeschehen ablenkt, schnitten die *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 1,9$; $\sigma = 1,6$) und *pieDrive* ($\bar{x} = 1,7$; $\sigma = 1,6$) am besten ab. Der Unterschied zwischen diesen beiden Interaktionskonzepten ist nicht signifikant. Das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 3,2$; $\sigma = 1,8$) wird im Vergleich zu den anderen Konzepten signifikant ($p < 0,017$) schlechter bewertet und im Mittel sogar als eher ablenkend eingestuft.

Die Probanden stimmten im Mittel der Aussage zu, dass die Bedienung der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 4,9$; $\sigma = 1,4$), des *taktile Touchdisplays* ($\bar{x} = 5,5$; $\sigma = 1,1$) und von *pieDrive* ($\bar{x} = 5,4$; $\sigma = 1,1$) leicht zu erlernen war (siehe Abbildung 4-16). Hierbei ist der Unterschied zwischen dem *taktile Touchdisplay* sowie *pieDrive* zu der *Gestenerkennung* signifikant ($p < 0,017$). Für den Unterschied zwischen dem *taktile Touchdisplay* und *pieDrive* kann keine Signifikanz gezeigt werden.

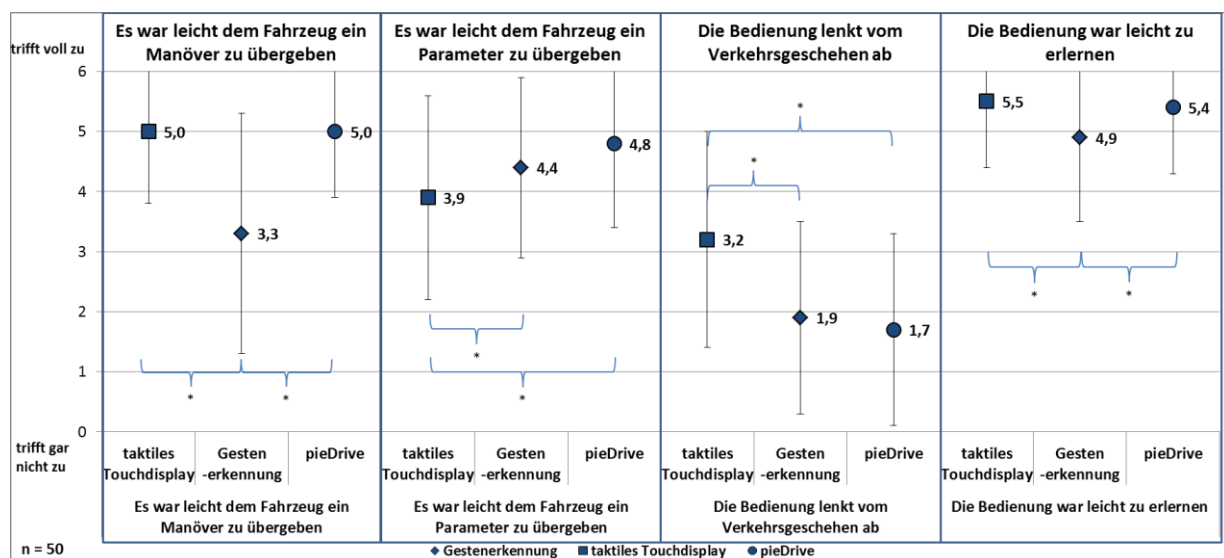


Abbildung 4-16: Subjektive Ergebnisse 1 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

Weiterhin wurden die Probanden gebeten, die Interaktionskonzepte auf einer visuellen Analogskala (0: nicht intuitiv; 1: intuitiv) hinsichtlich der Intuitivität zu beurteilen. Hierbei schnitt *pieDrive* ($\bar{x} = 0,7$; $\sigma = 0,2$) als das intuitivste Konzept ab (siehe Abbildung 4-17). Die *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 0,3$) und das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 0,3$) wurden signifikant ($p < 0,017$) schlechter bewertet. Der Unterschied zwischen der *Gestenerkennung* und dem *taktile Touchdisplay* ist nicht signifikant.

Hinsichtlich der Fehlerrobustheit bewerteten die Probanden auf einer visuellen Analogskala (0: fehleranfällig; 1: fehlerrobust) das *taktile Touchdisplay* ($\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 0,3$) und *pieDrive* ($\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 0,2$) am besten (siehe Abbildung 4-17). Zwischen diesen beiden Konzepten kann kein statistisch signifikanter Unterschied gezeigt werden. Die *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 0,4$; $\sigma = 0,3$) schnitt im Vergleich zu den anderen beiden Interaktionskonzepten signifikant ($p < 0,017$) schlechter ab.

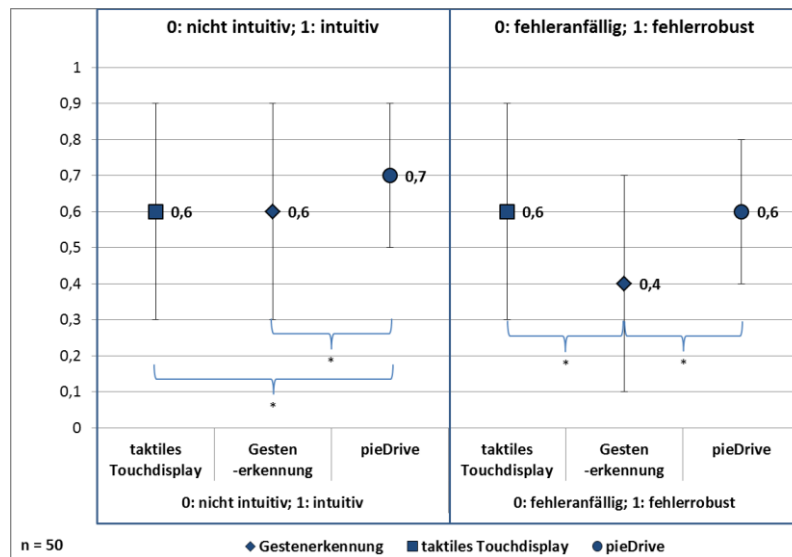


Abbildung 4-17: Subjektive Ergebnisse 2 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

In der direkten Punktebewertung der drei Interaktionskonzepte (1: sehr schlecht; 10 sehr gut) wurde *pieDrive* am höchsten bewertet ($\bar{x} = 7,6$; $\sigma = 1,9$). Die Bewertung der *Gestenerkennung* ($\bar{x} = 5,9$; $\sigma = 2,1$) und des *taktilen Touchdisplays* ($\bar{x} = 6,1$; $\sigma = 2,1$) ist signifikant ($p < 0,017$) schlechter. Zwischen der *Gestenerkennung* dem *taktilen Touchdisplay* kann kein signifikanter Unterschied gezeigt werden.

Weitere Beobachtungen. Bei der Eingabe eines Manövers mit *pieDrive* bewegten einige Probanden mehrfach den Finger vom Startpunkt der Interaktion auf einer horizontalen Linie in Richtung des Manövers. Da diese Linie auch der unteren Trennlinie des Menüs entspricht, kam es zu einer schnell wechselnden Zuordnung des Berührungspunkt zu der Manöver bzw. der Abbruchfläche (siehe Abbildung 4-18). Auch beim Abheben des Fingers sprang der Berührungspunkt teilweise zwischen den Flächen, wodurch Eingabefehler zustande kamen.

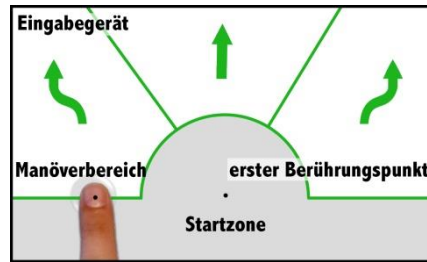


Abbildung 4-18: Zuordnungsprobleme des Berührungspunktes bei der Eingabe eines Fahrstreifenwechsels.

4.3.3.3 Diskussion

Auch in der zweiten Evaluationsstudie zeigte sich, dass die drei Interaktionskonzepte individuelle Vor- und Nachteile aufweisen. Hinsichtlich der prozentualen Blickverteilung schnitten die *Gestenerkennung* und *pieDrive* signifikant besser ab als das *taktile Touchdisplay*. Dieser Unterschied wird besonders deutlich, wenn die Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich sowie auf die Straße und die Trajektorie zu einer Kategorie gezählt werden. Es wird deutlich, dass die Probanden bei der Fahrt mit dem *taktilem Touchdisplay* etwa 10% mehr auf das Eingabegerät schauen. Diese Blicke fallen bei der Verwendung von *pieDrive* sowie der *Gestenerkennung*, in die Zielkategorie Straße und Head-up-Display. Die Anforderung nach einer unveränderten prozentualen Blickverteilung (A11) im Vergleich zur herkömmlichen Fahrzeugführung kann in dieser Evaluationsstudie nicht direkt überprüft werden. Im Vergleich zu den prozentualen Blickanteilen während der Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen bei der ersten Evaluationsstudie (siehe Abbildung 4-5) wurden in dieser Studie größtenteils signifikant ($p < 0,05$) unterschiedliche Werte gemessen. Allerdings ist anzumerken, dass die Position des Innenspiegels für die zweite Studie der realen Position angenähert wurde und deutlicher im Blickfeld zu sehen war. Hierdurch nahm, im Vergleich zu der ersten Studie, während allen Fahrten der prozentuale Anteil an Blicken auf den Innenspiegel signifikant ($p < 0,05$) zu, sodass es zu einer Verschiebung der Blickanteile kam. Es wird daher vermutet, dass diese Verschiebung auch mit herkömmlichen Bedienelementen stattgefunden hätte und hierdurch die signifikanten Unterschiede entstanden sind. Zur Überprüfung dieser Annahme werden in der nächsten Evaluationsstudie erneut herkömmliche Bedienelemente zum Vergleich herangezogen (siehe Kapitel 4.4). Die Anforderung nach einer unveränderten prozentualen Blickverteilung (A11) wird daher weiterhin für alle Interaktionskonzepte als nicht erfüllt betrachtet.

Auch bei der Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät sowie bei der Anzahl der Blicke über 1,5s auf das Eingabegerät schneiden die *Gestenerkennung* und *pieDrive* signifikant besser ab, als das *taktile Touchdisplay*. Aufgrund der geringen Anzahl von vier Blicken über 1,5s auf das Eingabegerät bei der Fahrt mit der *Gestenerkennung* und *pieDrive* kann statistisch von Ausreißern ausgegangen werden. Die Anforderungen bezüglich einer Blickzuwendungszeit zum Eingabegerät von maximal 1,5s (A9 & A10) können daher von der *Gestenerkennung* und *pieDrive* erfüllt werden. Das *taktile Touchdisplay* erfüllt diese Anforderungen nicht.

Bezüglich der falsch negativen Eingabefehler ist das *taktile Touchdisplay* den anderen Interaktionskonzepten überlegen. Während der Fahrt mit der *Gestenerkennung* und mit *pieDrive* traten bei 25,4% bzw. 21,9% der Eingaben falsch negative Eingabefehler auf. Hierdurch kann die Anforderung nach maximal 2% falsch negativen Eingabefehlern (A13) erneut nur durch das *taktile Touchdisplay* erfüllt werden. Im Vergleich zu der ersten Evaluationsstudie konnte zudem keine signifikante Verbesserung der Erkennungs- bzw. Eingabefehlerraten erreicht werden. Trotz der hohen Eingabefehlerrate wurde *pieDrive* hinsichtlich der Fehlerrobustheit subjektiv genauso gut bewertet wie das *taktile Touchdisplay*. Die *Gestenerkennung* schnitt hinsichtlich der Fehlerrobustheit signifikant schlechter ab. Es wird vermutet, dass bei der Bewertung der Fehlerrobustheit für die Probanden neben den eigentlichen Eingabefehlern auch andere Faktoren eine Rolle spielen. Hinsichtlich der Ablenkung vom Straßenverkehr sowie der Einfachheit der Parametereingabe schnitten die *Gestenerkennung* und *pieDrive* signifikant besser ab als das *taktile Touchdisplay*. Hinsichtlich der Einfachheit der Manövereingabe sowie der Erlernbarkeit der Bedienung schnitten wiederum *pieDrive* und das *taktile Touchdisplay* signifikant besser ab als die *Gestenerkennung*. Das Interaktionskonzept *pieDrive* wird ferner als intuitiver bewertet als die *Gestenerkennung* und das *taktile Touchdisplay*. Die pragmatische Qualität wird für alle Interaktionskonzepte gleich bewertet. Es wird vermutet, dass das gute Abschneiden von *pieDrive* sowie das teilweise gute Abschneiden der *Gestenerkennung* in den genannten Kategorien die wahrgenommene Fehlerrobustheit positiv beeinflusst hat.

Alle weiteren Anforderungen konnten von allen Interaktionskonzepten erfüllt werden.

Zusammenfassend lässt sich erneut feststellen, dass die auf der Trennung von Ein- und Ausgabe basierenden Interaktionskonzepte Vorteile hinsichtlich des Blickverhalten sowie Nachteile hinsichtlich der Eingabefehler aufweisen. Hierbei wird, wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben, dem Blickverhalten eine höhere Priorität zugewiesen, da der Fahrer jederzeit in der

Lage sein soll, die Kontrolle des Fahrzeugs auf Stabilisierungsebene zu übernehmen. Weiterhin führen die Eingabefehler durch das aktiv eingreifende Fahrzeug nicht zu kritischen Verkehrssituationen. Im direkten Vergleich der auf der Trennung von Ein- und Ausgabe basierenden Interaktionskonzepte schnitt *pieDrive* in allen überprüften Kategorien mindestens genauso gut ab, wie die *Gestenerkennung*. Im direkten Vergleich aller Interaktionskonzepte wurde *pieDrive* schließlich von den Probanden insgesamt signifikant besser bewertet als die *Gestenerkennung* und das *taktile Touchdisplay*, sodass diese Lösung für die Autobahn zu bevorzugen ist.

Weiterhin hat sich allgemein gezeigt, dass der Fahrer über die Auswirkung des aktiven Manövers sowie über eine verzögerte Manöverausführung informiert werden muss. Die in dieser Iteration ergänzten Nutzungsanforderungen sollten daher bei Neu- und Weiterentwicklungen von Interaktionskonzepten für die manöverbasierte Fahrzeugführung beachtet werden.

In der im nächsten Kapitel beschriebenen dritten Iteration, werden gemäß dem Nutzungskontext (siehe Kapitel 4.1) sowie den Zielen der Arbeit (siehe Kapitel 1.1) neben Autobahnfahrten auch Stadt- und Überlandfahrten betrachtet.

4.4 Iteration 3: *pieDrive*

In diesem Kapitel wird die dritte Iteration zur Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung beschrieben. Zunächst werden die bisher aufgestellten Nutzungsanforderungen in Kapitel 4.4.1 hinterfragt und hinsichtlich Stadt- und Überlandfahrten erweitert. Anschließend fließen die Anforderungen sowie die Erkenntnisse aus den ersten beiden Iterationen in die Entwicklung einer Gestaltungslösung ein (siehe Kapitel 4.4.2). In Kapitel 4.4.3 wird schließlich die dritte Evaluationsstudie beschrieben.

4.4.1 Nutzungsanforderungen

Für die Anpassung und Erweiterung der Nutzungsanforderungen wird in dieser Iteration besonderes Augenmerk auf die bisher nicht evaluierten Überland- und Stadtfahrten gelegt. Im Vergleich zu den Autobahnfahrten erhöht sich bei Überland- und vor allem bei Stadtfahrten die Anzahl der benötigten Manöver (siehe Kapitel 2.1.2.2). Bei der genaueren Betrachtung komplexerer Kreuzungssituationen wird deutlich, dass es hierbei zu Situationen kommen kann, in denen die in Kapitel 2.1.2.2 genannten Manöver nicht ausreichen. Beispielsweise ist es in der auf Abbildung 4-19 gezeigten Kreuzung aus Richtung A kommend möglich, von

einem Fahrstreifen aus in alle Richtungen (B, C, D, E) abzubiegen. Um diese Situation manöverbasiert befahren zu können, sind Abstufungen der Grundmanöver notwendig. In dieser Situation könnten die verfügbaren Manöver als *links abbiegen* (B), *halb links abbiegen* (C), *halb rechts abbiegen* (D) und *rechts abbiegen* (E) angeboten werden. Für die Mensch-Maschine-Schnittstelle ergibt sich hieraus die Anforderung, dass die Manövereingabe auch für alle existierenden Manöverausrprägungen möglich sein muss. Die ursprüngliche Anforderung „die Eingabe von Manövern muss möglich sein“ (A1) wird daher ersetzt durch „die Eingabe von allen Manöverausrprägungen (z.B. „halb links abbiegen“) muss möglich sein“. In komplexeren Kreuzungssituationen entsteht zusätzlich die Herausforderung, dass Fahrer und Fahrzeug einem realen Straßenverlauf unabhängig voneinander die gleiche Manöverbezeichnung zuordnen müssen. Kommt es hierbei zu Abweichungen, können Fehler entstehen. Beispielsweise könnte ein Fahrer, der sich der in Abbildung 4-19 dargestellten Kreuzung aus Richtung B nähert, die folgenden Manöverzuordnungen treffen: A: *rechts abbiegen*, C: *scharf links abbiegen*, D: *halb links abbiegen*, E: *geradeaus*. Eine hiervon abweichende Klassifizierung des Fahrzeugs (z.B. C: *links abbiegen*, D: *halb links geradeaus*) könnte bei Beauftragung eines nicht eindeutigen Manövers eine aus der Sicht des Fahrers falsche Trajektorienwahl bewirken. Hieraus entsteht die Anforderung, dass die Auswirkung eines Manövers bereits vor Beauftragung erkennbar sein muss (A19). Weiterhin muss die erforderliche Interaktion zur Eingabe eines Manövers erkennbar sein (A20).

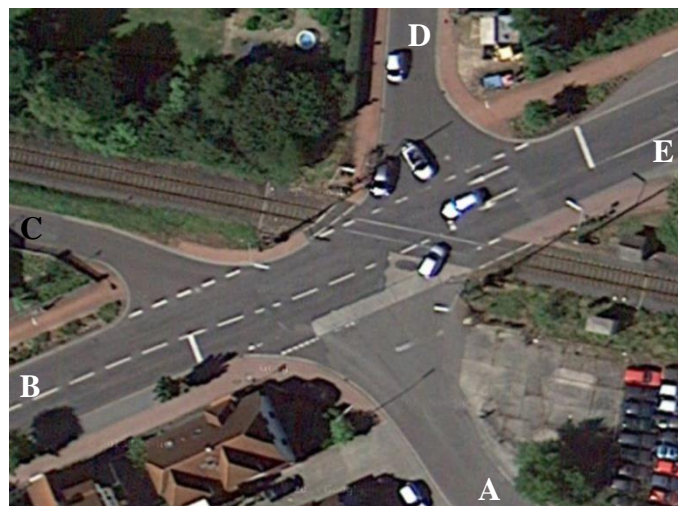


Abbildung 4-19: Kreuzung in Gründau Lieblos (aus Google Maps, 2013; Koordinaten: 50.207263,9.142454)

Bei Stadtfahrten kann zusätzlich davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zu Autobahnfahrten zweitweise mehr, in kurzem Zeitabstand aufeinander folgende Manöverinteraktionen

stattfinden (z.B. mehrfaches Abbiegen). Hieraus folgt die Anforderung, dass eine Manövereingabe ausreichend kurz sein muss, um im Zeitraum der Manöververfügbarkeit eingegeben zu werden. Bei dem im Fahrsimulator umgesetzten *Conduct-by-Wire* Fahrzeug entspricht die Sensorreichweite in der Stadt frei angenommenen 100m. Die Umsetzung im Fahrsimulator basiert zudem auf *Car-to-Infrastructure*, sodass angenommen wird, dass Verdeckungen durch Hindernisse für die Betrachtung keine Rolle spielen. Nimmt man zusätzlich an, dass das Fahrzeug zusätzlich zur vollständigen Erkennung der Kreuzung maximal 60m (entspricht der maximalen Länge, der für die Umsetzung dieser Studie vermessenen realen Kreuzungen) der Sensorreichweite benötigt, ergibt sich bei einer konstanten Geschwindigkeit von 50km/h eine maximale Manövereingabezeit von 2,9s, die für diese Studie als Anforderung festgelegt werden (A21). Es sei angemerkt, dass diese Anforderung an eine andere Umsetzung mit abweichenden Sensorreichweiten angepasst werden muss.

Die ergänzten und angepassten Nutzungsanforderungen sind zusammenfassend in Tabelle 4-5 dargestellt.

Tabelle 4-5: Neu ermittelte Nutzungsanforderungen zur Ergänzung der Liste in Kapitel 4.2.1 und 4.3.1. Die vollständige Liste findet sich in Anhang E. (Legende: FF: Festforderung ohne Toleranzbereich, BF: Bereichsforderung mit Toleranzbereich, W: Wunsch)

Nutzungsanforderung an das Interaktionskonzept		Typ	Wert / Wertebereich
A. Während der manöverbasierten Fahrzeugführung			
A1	Die Eingabe von allen Manöverausprägungen (z.B. „halb links abbiegen“) muss möglich sein.	FF	-
A19	Die Auswirkung eines Manövers ist vor der Beauftragung erkennbar.	FF	-
A20	Die erforderliche Interaktion zur Eingabe eines Manövers ist erkennbar.	FF	-
A21	Die Eingabe eines Manövers muss innerhalb von 2,9s möglich sein.	BF	-

Mit der Hilfe der erweiterten und angepassten Anforderungsliste werden im nächsten Kapitel die bestehenden Interaktionskonzepte hinterfragt und überarbeitet.

4.4.2 Entwickeln von Gestaltungslösungen

Beim *taktilen Touchdisplay* erwies sich die Umsetzung der Nutzungsanforderung nach der Möglichkeit zur Eingabe aller Manöverausprägungen (A1) als schwierig. Durch die feste Anordnung der Schaltflächen ist die Flexibilität bei der Abbildung der Manöversituation einge-

schränkt. Um die weiteren Manöverausprägungen zu integrieren, müssten weitere Schaltflächen bzw. Untermenüs integriert oder Schaltflächen situativ angezeigt werden. Die Integration weiterer Schaltflächen hat den Nachteil, dass die Schaltflächen kleiner werden und dadurch schwieriger zu betätigen sind. Hierdurch können Eingabefehler entstehen und die Blickzuwendungszeiten ansteigen. Untermenüs wiederum haben den Nachteil, dass die Bedienzeit unerwünscht ansteigt und damit auch die Blickzuwendungszeit während der Bedienung. Das situative Anzeigen von Schaltflächen hat den Nachteil, dass sich der Eingabeort für Manöver je nach Situation ändert. Auch hieraus können Eingabefehler und längere Blickzuwendungszeiten entstehen. Aufgrund dieser Nachteile und dem in der ersten und zweiten Evaluationsstudie gezeigten schlechteren Blickverhalten wird das *taktile Touchdisplay* an dieser Stelle verworfen.

Auch bei der *Gestenerkennung* erwies sich die Umsetzung der Nutzungsanforderung nach der Möglichkeit zur Eingabe aller Manöverausprägungen (A1) als schwierig. Prinzipiell können für alle Manöverausprägungen eigene Gesten definiert werden. Das bisherige Konzept der *Gestenerkennung* sah vor, dass der Fahrer die gewünschte zukünftige Manövertrajektorie als Geste verwendet. Integriert man weitere Abstufungen der Manöver ergibt sich aus technischer Hinsicht die Schwierigkeit, dass sehr ähnliche Gesten (z.B. *rechts abbiegen* und *halb rechts abbiegen*) ohne Fehler erkannt werden müssen. Hierdurch könnte die verbesserungswürdige Eingabefehlerrate der *Gestenerkennung* weiter ansteigen. Alternativ könnten besser unterscheidbare Gesten zur Manövereingabe verwendet werden. Hierdurch entsteht der Nachteil, dass der Fahrer diese Gesten vorab lernen und sich in der Situation an die richtige Geste erinnern muss. Vor allem für selten gebrauchte Manövergesten (z.B. *halb rechts geradeaus*) können hierbei ebenfalls Eingabefehler entstehen. Um den Fahrer bei diesen Situationen zu unterstützen, könnten die benötigten Gesten im Head-up-Display angezeigt werden. In komplexen Situationen ergibt sich zusätzlich das Problem, dass mit der *Gestenerkennung* die Auswirkung von Manövern nur schwer erklärt werden kann. Eine Möglichkeit wäre die permanente Anzeige aller möglichen Trajektorien im Head-up-Display. Es wird allerdings angenommen, dass hierunter vor allem in komplexen Situationen die Übersichtlichkeit leidet und der Fahrer durch die Darstellung überfordert werden könnte. Alternativ könnte nach der Erkennung einer Geste eine Vorschau angezeigt werden, die bestätigt werden muss. Weiterhin könnte der Fahrer nach der Manövergestenausführung den Finger auf dem Touchpad behalten und die angezeigte Vorschau mit einer anschließenden Geste direkt bestätigen oder ablehnen. Hierdurch steigen allerdings die Interaktionszeiten unerwünscht an. Aufgrund dieser Nachteile und dem

schlechteren Abschneiden der *Gestenerkennung* gegenüber *pieDrive* wird das Konzept an dieser Stelle ebenfalls verworfen.

Die angepassten und erweiterten Nutzungsanforderungen werden von *pieDrive* weitgehend erfüllt. In komplexen Situationen benötigte Manöverausprägungen können richtungskorrekt in dem halbkreisförmigen Menü angeordnet werden. Hierdurch wird die Richtung der auszuführenden Geste permanent im Head-up-Display angezeigt. Da auch bei selten auftretenden Manövern die gleichen Gesten verwendet werden, wird erwartet, dass in diesen Situationen keine zusätzlichen Eingabefehler auftreten. Weiterhin wird durch die bei der Bedienung angezeigte Vorschautrajektorie die Auswirkung des Manövers bereits vor der Eingabe erkennbar. Durch diese Vorteile wurde entschieden, das Interaktionskonzept *pieDrive* beizubehalten und mit den Ergebnissen aus der zweiten Evaluationsstudie weiterzuentwickeln:

pieDrive. Die Hauptziele der Weiterentwicklung von *pieDrive* lagen erneut in der Reduktion der Eingabefehler sowie in der Verbesserung des Blickverhaltens. Weiterhin wurde das Konzept an die erweiterten Nutzungsanforderungen angepasst. Zur Verbesserung der Erkennungsrate wurde erneut die softwaretechnische Umsetzung angepasst. Hierfür wurde die angepasste TuioPad App durch eine vollständig selbstentwickelte App ersetzt. Im Vergleich zu der vorherigen Lösung übernimmt die App neben der eigentlichen Berührungserkennung und -verfolgung auch die Erkennung der Eingaben sowie die Kommunikation mit der Fahrsimulationsoftware. Hierdurch konnte der Rechner zu Erkennung der Eingaben eingespart und somit eine Fehlerquelle eliminiert werden. Zusätzlich konnte durch die Eigenentwicklung das Interaktionskonzept besser umgesetzt werden, als es mit der Anpassung einer vorhandenen App möglich war.

In der letzten Evaluationsstudie wurde zudem beobachtet, dass es zu Eingabefehlern kam, wenn der Finger vom Startpunkt der Interaktion in einer horizontalen Linie in Richtung des Manövers bewegt wurde (siehe Kapitel 4.3.3.2). Wie bereits beschrieben, wurde der Berührungspunkt je nach Fingerhaltung der Manöverfläche oder der Abbruchfläche zugeordnet. Um dieses Problem zu beheben, wurde das Menü über den ursprünglichen Halbkreis hinaus erweitert (siehe Abbildung 4-20). Zusätzlich wurde das Menü im Bezug zu dem Startpunkt der Interaktion verschoben. Hierdurch konnte erreicht werden, dass der Finger des Fahrers auch bei einer horizontalen Linienbewegung vom Startpunkt aus sicher dem Manöverfeld zugeordnet werden kann.

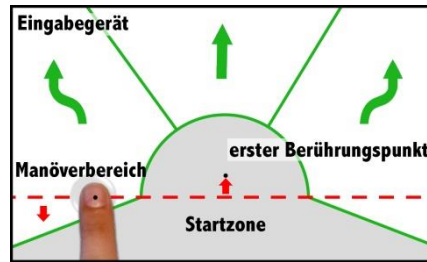


Abbildung 4-20: Erweiterung und Verschiebung des Manövermenüs.

Zur Verbesserung der Blickbewegung wurde nochmals das Head-up-Display angepasst. Zur Vereinfachung der Darstellung der Parameter wurde in der Mitte des Parameterbereichs ein stilisiertes Fahrzeug sowie stilisierte Fahrstreifenbegrenzungslinien ergänzt (siehe Abbildung 4-21). Je nach *Zeitlücken-* und *Exzentrizitätseinstellung* wird das Fahrzeug vertikal bzw. horizontal verschoben und die Anzahl der Balken angepasst. Während der Interaktion wird die Darstellung zudem hellgrün hervorgehoben und vergrößert dargestellt. Die Darstellung der erlaubten sowie der *Wunschgeschwindigkeit* wurde unverändert beibehalten. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wurde näher an die horizontale Sichtlinie des Fahrers gerückt (siehe Abbildung 4-21).

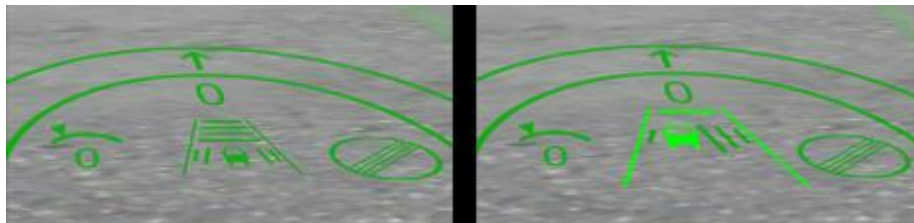


Abbildung 4-21: Darstellung der Parameter *Zeitlücke* und *Exzentrizität* im Fahrstreifen. Links: keine Interaktion. Das Fahrzeug fährt mittig mit der größtmöglichen *Zeitlücke*. Rechts: während der Änderung der *Zeitlücke*. Das Fahrzeug fährt um eine Stufe nach links versetzt und mit der kleinsten *Zeitlücke*.

Auch die Darstellung der Trajektorie sowie der Vorschautrajektorie wurde angepasst. Durch die langsameren Geschwindigkeiten und engeren Kurvenradien bei Stadtfahrten kam es zu einer Überschneidung des Parameterbereichs mit der Darstellung der Trajektorie. Hierbei erwiesen sich vor allem Fahrzeuggeschwindigkeiten von unter 50km/h als problematisch, da hier die Pfeilspitze aufgrund des kurzen Bremswegs im Manöver- und Parameterbereich dargestellt werden müsste. Um dieses Problem zu umgehen, wurde entschieden, dass die Spitze des Pfeils für Fahrzeuggeschwindigkeiten unter 50km/h transparent auf der 50km/h Position angezeigt wird (siehe Abbildung 4-22). Der Bremsweg wird für diesen Geschwindigkeitsbe-

reich über eine weniger transparente Auffüllung der Trajektorie dargestellt (siehe Abbildung 4-23). Hierbei wurde die Transparenz im Vergleich zu der Farbe des Manöver- und Parameterbereichs so gewählt, dass es bei einer Überschneidung nicht zu einer Verdeckung der angezeigten Informationen kommt. Diese Transparenz bleibt im Überschneidungsbereich auch für Geschwindigkeiten über 50km/h erhalten (siehe Abbildung 4-24). Die Umsetzung des Head-up-Displays am Fahrsimulator erfolgte in den studentischen Arbeiten von Menk (2012), Schaffner (2012) und Vey (2013).

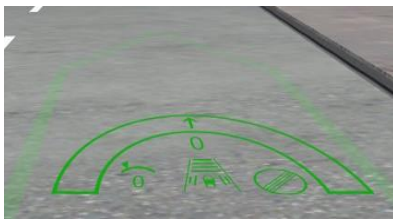


Abbildung 4-22: Transparente Darstellung der Trajektorie für Fahrzeuggeschwindigkeiten $\leq 50\text{km/h}$.

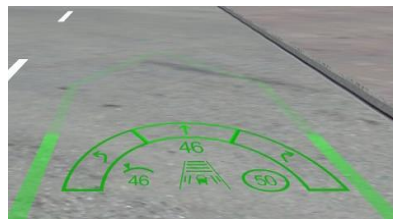


Abbildung 4-23: Darstellung des Bremswegs für Fahrzeuggeschwindigkeiten $\leq 50\text{km/h}$.

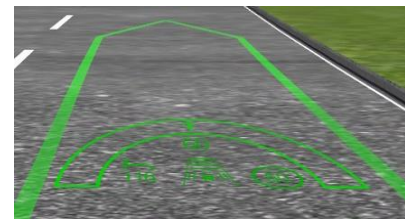


Abbildung 4-24: Transparenzverlauf im Überschneidungsbereich bei Fahrzeuggeschwindigkeiten $> 50\text{km/h}$.

Zur Anordnung der Manöver im halbkreisförmigen Manövermenü gibt es prinzipiell die Möglichkeit, die Größe der Manöversegmente anzupassen (siehe Abbildung 4-25) oder für jedes mögliche Manöver ein gleichbleibendes Segment vorzusehen (siehe Abbildung 4-26). Gleichbleibende Segmente haben den Vorteil, dass die Position erlernt werden kann. Hierdurch könnten sich, bei mehrfacher Verwendung, die Interaktionszeiten verkürzen. Nachteilig wirkt sich allerdings die permanent geringere Größe der Segmente aus, unter der die Genauigkeit der Eingabe leiden könnte. Wird die Größe der Segmente hingegen an die Anzahl der Manöver angepasst, ändert sich je nach Situation auch die Position des Manövers in dem Halbkreis. Die Erlernbarkeit der Manöverposition ist somit nicht, oder nur in einem geringeren Maße, gegeben. Hierdurch könnte ebenfalls die Genauigkeit der Interaktion leiden. Im Gegensatz hierzu wird in Situationen mit wenigen Manövern angenommen, dass sich die Vergrößerung der Segmente positiv auf die Genauigkeit der Interaktion auswirkt. Da in den meisten Situationen nicht die volle Anzahl an Manöverausprägungen benötigt wird, wurde die Vergrößerung der Segmente bevorzugt und im Simulator umgesetzt. Zur Überprüfung der Entscheidung wird die Genauigkeit der Interaktion in der folgenden Evaluationsstudie gesondert betrachtet.

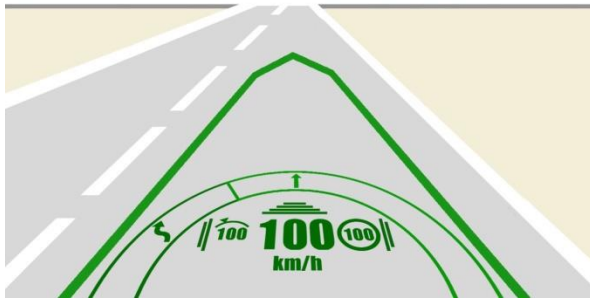


Abbildung 4-25: Anordnung der Manöver im *pieDrive*-Manövermenü mit größenveränderlichen Segmenten.

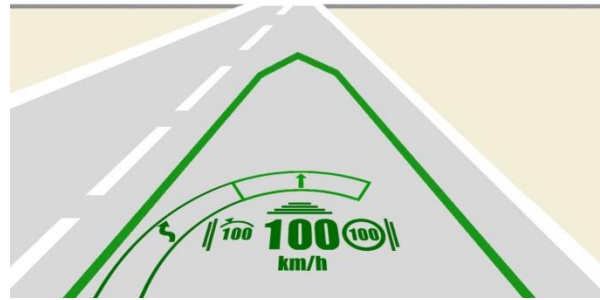


Abbildung 4-26: Anordnung der Manöver im *pieDrive*-Manövermenü mit gleichbleibenden Segmenten.

Herkömmliche Bedienelemente. Im Vergleich zu der ersten Evaluationsstudie wurde das Head-up-Display leicht angepasst. Um das Interaktionskonzept *pieDrive* mit einer möglichst grundlegenden manuellen Fahrzeugführung zu vergleichen, wurde davon ausgegangen, dass das Fahrzeug über kein System zur Erkennung der aktuellen Geschwindigkeitsbegrenzung verfügt. Daher wurde die Anzeige der Geschwindigkeitsbegrenzung aus dem Head-up-Display entfernt (siehe Abbildung 4-27). Zur besseren Erklärung der eingeblendeten Fahrzeuggeschwindigkeit wurde zusätzlich die Einheit „km/h“ eingeblendet.

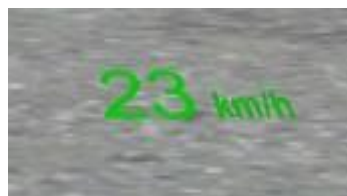


Abbildung 4-27: Head-up-Display während der Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen.

Zusammenfassend wurde in diesem Kapitel die Weiterentwicklung des Interaktionskonzepts *pieDrive* beschrieben. Für die Umsetzung im Fahrsimulator kommt eine überarbeitete Head-up-Display-Darstellung sowie verbesserte Soft- und Hardware zum Einsatz. Im nächsten Kapitel wird nun die dritte Evaluationsstudie beschrieben.

4.4.3 Evaluationsstudie

In diesem Kapitel wird die dritte Evaluationsstudie zum Vergleich von *pieDrive* mit herkömmlichen Bedienelementen beschrieben. Zunächst wird in Kapitel 4.4.3.1 das Studiende-

sign vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Studie dargestellt (siehe Kapitel 4.4.3.2) und schließlich diskutiert (siehe Kapitel 4.4.3.3).

4.4.3.1 Studiendesign

Anpassung des statischen Fahrsimulators. Die Probandenstudie wurde, wie auch bei den vorherigen Iterationen, am statischen Fahrsimulator des Instituts für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. Da das Ziel dieser Studie der Vergleich der verbleibenden Gestaltungslösung *pieDrive* mit der herkömmlichen Fahrzeugführung während Stadt, Überland- und Autobahnfahrten war, musste der Simulator angepasst werden. Wie auf Abbildung 4-28 ersichtlich, wurde die Umgebungsdarstellung auf insgesamt sechs Projektionsflächen erweitert. Hierdurch kann nach vorne ein Sichtwinkel von etwa 210° abgebildet werden. Die hinteren drei Projektionsflächen sind so angeordnet, dass die hintere Umgebung über die herkömmlichen Rückspiegel korrekt angezeigt wird.

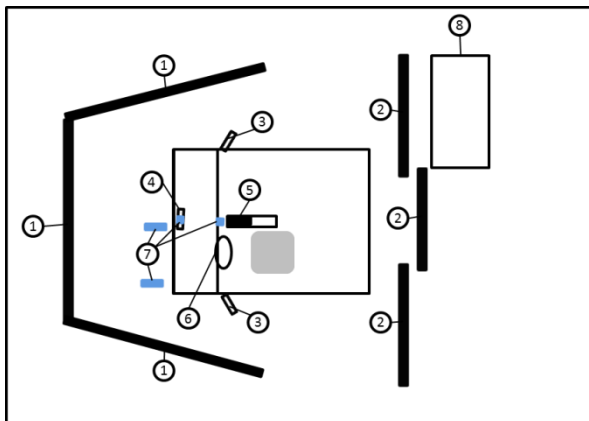


Abbildung 4-28: Versuchsaufbau des aktualisierten und erweiterten statischen IAD-Fahrsimulators. Legende: 1. Vordere Projektionsflächen; 2. Hintere Projektionsflächen; 3. Seitenspiegel; 4. Innenspiegel; 5. Armlehne mit *pieDrive*-Eingabegerät; 6. Lenkrad; 7. Kameras; 8. Operatorarbeitsplatz



Abbildung 4-29: Integration des *pieDrive*-Eingabegeräts in die Fahrzeugkarosserie.

Die in den vorherigen Iterationen verwendete Sitzkiste wurde zudem durch eine Karosserie eines *Chevrolet Aveo T250 Fünftürer* ersetzt. Der Innenraum des Fahrzeugs wurde weitgehend erhalten. Als einzige Änderungen wurden der Gangwahlhebel durch die Armlehne und das *pieDrive* Bedienelement ersetzt (siehe Abbildung 4-29) sowie das Kupplungspedal entfernt. Zusätzlich wurde im Motorraum des Fahrzeugs ein *SENSO-Wheel SD-LC* Elektromotor der Firma *SensoDrive* verbaut und mit der Lenksäule verbunden, um auftretende Rückstell-

momente sowie die Lenkbewegungen des *Conduct-by-Wire*-Fahrzeugs realistisch abbilden zu können. Als Fahrsimulationsoftware kam bei der Probandenstudie die von der *Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften GmbH* entwickelte Software *SILAB* zum Einsatz. Der Aufbau und die Programmierung des Fahrsimulators wurden unterstützt durch die studentischen Arbeiten von Engeroff (2012), Amrhein (2013) und Kreklow (2013).

Ablauf der Studie. Im Gegensatz zu den ersten beiden Evaluationsstudien wurden bei dieser Studie, wie bereits beschrieben, Stadt-, Überland- und Autobahnfahrten untersucht. Weiterhin wurde die wiederholte Verwendung des Interaktionskonzepts *pieDrive* sowie die Nutzung bei längeren Fahrten betrachtet. Die Probanden befuhren hierzu an vier Versuchstagen im Abstand von je einer Woche wiederholt eine kurze und eine lange Strecke mit *Conduct-by-Wire* und *pieDrive* sowie mit herkömmlichen Bedienelementen (siehe Abbildung 4-30). Um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden, wurden die Fahrten am ersten (a, b oder b, a) und vierten Versuchstag (g, h oder h, g) sowie der komplette zweite und dritte Versuchstag (c, d e, f oder e, f, c, d) permutiert. Hierbei wurde bei den kurzen Versuchsfahrten (a, b, c, e, g, h) für jeden Versuchstag der Fremdverkehr verändert, sodass insgesamt 4 verschiedene Varianten gefahren wurden. Für die lange Fahrt kam nur eine Version zum Einsatz. Alle Versuchsfahrten begannen hierbei in der gleichen Startstadt. Über Zielschilder wurden die Probanden entlang der vorgesehenen Hauptroute über ein kurzes Landstraßenstück auf die Autobahn geführt. Nach 12km (a, b, c, e, g, h) bzw. 92km (d, f) wurden die Probanden mit Zielschildern dazu aufgefordert, von der Autobahn abzufahren. Anschließend befuhren die Probanden zwei unterschiedliche, 8km (a, b, c, e, g, h) bzw. 23km (d, f) lange Landstraßenabschnitte, die schließlich in zwei unterschiedlichen Endstädte mündeten. Hier wurden die Probanden erneut über Zielschilder zu den Endpunkten der Fahrten geführt. Insgesamt dauerten die kurzen Versuchsfahrten ca. 30 Minuten, während die Probanden bei den langen Versuchsfahrten etwa 1,5 Stunden unterwegs waren. Die Länge der Einzelabschnitte sowie der einzelnen Versuchsfahrten wurde hierbei an die durchschnittlichen Fahrten deutscher Pkw-Fahrer angelehnt (siehe Kapitel 4.1 und Follmer et al., 2010). Die Durchführung der Studie fand im Rahmen der studentischen Arbeiten von Kraus (2013) und Wiest (2014) statt.

Eine Übersicht über die Strecken findet sich in Anhang E. Alle Streckenelemente der in den Versuchsfahrten vorgesehenen Hauptroute wurden entsprechend realer Straßenverläufe und –kreuzungen nachgebildet. Aus simulatorechnischen Gründen wurden die Streckenelemente anschließend in einer nicht real existierenden Reihenfolge zusammengesetzt. Weiterhin wur-

den die Rückführungen auf die Hauptroute (z.B. nach einem falschen Abbiegen) unter Berücksichtigung der Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAA, FGSV (2008); RAL, FGSV (2012); RASt, FGSV (2006)) frei gestaltet. Die Erstellung der Strecken erfolgte im Rahmen der studentischen Arbeiten von Hesse (2011), Krasni (2012) und Buhle (2012).

Vor der ersten Fahrt wurde den Probanden das Conduct-by-Wire-Konzept sowie das Interaktionskonzept *pieDrive* schriftlich erklärt. Anschließend wurde direkt mit den Versuchsfahrten begonnen.

Versuchstag 1	Versuchstag 2	Versuchstag 3	Versuchstag 4
Kurze Fahrt a. Conduct-by-Wire <i>pieDrive</i> (ca. 0,5h) Fragebögen	Kurze Fahrt c. Conduct-by-Wire <i>pieDrive</i> (ca. 0,5h) Fragebögen	Kurze Fahrt e. Conduct-by-Wire <i>pieDrive</i> (ca. 0,5h) Fragebögen	Kurze Fahrt g. Conduct-by-Wire <i>pieDrive</i> (ca. 0,5h) Fragebögen
b. herkömmliche Bedienelemente (ca. 0,5h) Fragebögen	Lange Fahrt d. Conduct-by-Wire <i>pieDrive</i> (ca. 1,5h) Fragebögen	Lange Fahrt f. herkömmliche Bedienelemente (ca. 1,5h) Fragebögen	h. herkömmliche Bedienelemente (ca. 0,5h) Fragebögen

Abbildung 4-30: Übersicht über die Versuchsfahrten der dritten Evaluationsstudie. Die Reihenfolge der Fahrten wurde permutiert.

Der Ablauf der Studie basiert auf den studentischen Arbeiten von Schönfeld (2012), Czajkowski (2012) und Gehrman (2013).

Messgrößen und -methoden. Erneut wurden Blickbewegungs- und Simulatorendaten sowie Videos der Mensch-Maschine-Schnittstelle sowie der Umgebung aufgezeichnet. Wie auch bei der ersten beiden Iterationen kamen weiterhin standardisierte sowie selbsterstellte Fragebögen zum Einsatz (siehe Anhang E).

Wie bereits in den Kapiteln 4.4.1 und 4.4.2 beschrieben, soll in dieser Iteration zusätzlich die Genauigkeit der Interaktion beurteilt werden. Als Maß für die Genauigkeit einer Interaktion wird hierbei die Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente herangezogen. Möchte der Fahrer beispielsweise einen *Fahrstreifenwechsel links* beauftragen, legt er den Finger auf das

Touchpad, bewegt ihn zu dem zugehörigen Menüsegment und hebt den Finger dort ab. Die Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente beträgt für diese Interaktion 0 (bestmöglicher Fall). Für jeden weiteren Segmentwechsel wird zu der bisherigen Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente eine 1 addiert. Bewegt der Fahrer den Finger nach dem Auflegen beispielsweise erst zum Segment eines *Fahrstreifenwechsels rechts*, anschließend durch die Startzone zum Segment eines *Fahrstreifenwechsel links* und hebt den Finger dort ab, wird die Interaktion mit einer Anzahl von 2 unnötig ausgewählten Menüsegmenten bewertet.

Tabelle 4-6: Übersicht über die Entscheidungspunkte entlang der Hauptroute.

	Nr.	Position	Einzugebendes Manöver zum Folgen der Hauptroute.	Vom Fahrzeug standardmäßig ausgewähltes Manöver.
Kurze Strecke (a, b, c, e, g, h)	1	Startstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	2	Startstadt	<i>Abbiegen Links</i>	<i>Geradeaus</i>
	3	Startstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	4	Startstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	5	Startstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	6	Endstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Links</i>
	7	Endstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Anhalten</i>
	8	Endstadt	<i>Abbiegen links</i>	<i>Anhalten</i>
	9	Endstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Links</i>
Lange Strecke (d, f)	1	Startstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	2	Startstadt	<i>Abbiegen Links</i>	<i>Geradeaus</i>
	3	Startstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	4	Startstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	5	Startstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	6	Landstraße	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Abbiegen Links</i>
	7	Landstraße	<i>Abbiegen Links</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	8	Landstraße	<i>Abbiegen Links</i>	<i>Anhalten</i>
	9	Endstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Links</i>
	10	Endstadt	<i>Abbiegen Links</i>	<i>Geradeaus</i>
	11	Endstadt	<i>Geradeaus</i>	<i>Abbiegen Rechts</i>
	12	Endstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	13	Endstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>
	14	Endstadt	<i>Abbiegen Rechts</i>	<i>Geradeaus</i>

Zusätzlich wurden entlang der Hauptroute sogenannte Entscheidungspunkte integriert. Hierbei handelt es sich um Kreuzungssituationen, an denen der Fahrer ein bestimmtes Manöver eingeben musste, um den Zielschildern zu folgen. Im Gegensatz zu der freien Manövereingabe (z.B. ein *Fahrstreifenwechsel* an einer beliebigen Stelle auf der Autobahn) kann hierbei davon ausgegangen werden, dass die Intention des Fahrers bekannt ist und somit Eingabefehler genauer erfasst werden können. Einen Überblick über die Entscheidungspunkte kann Ta-

belle 4-6 entnommen werden. Weiterhin ist die Platzierung der Entscheidungspunkte entlang der Strecke auf den Streckenplänen in Anhang E ersichtlich. Die Entscheidungspunkte konzentrieren sich auf die Start- und Endstädte der Strecken. Das Ziel hierbei war es, viele aufeinanderfolgende Manöver innerhalb kurzer Zeit abzubilden. Auf den Autobahnfahrten und den Landstraßen befinden sich weniger Entscheidungspunkte. Hiermit sollen Situationen abgedeckt werden, in denen längere Zeit keine Manövereingabe notwendig ist, um der Hauptstrecke zu folgen.

Probandenkollektiv. An der Studie nahmen 20 Versuchspersonen teil (Alter: $\bar{x} = 23,1$ Jahre; $\sigma = 1,5$ Jahre. Geschlecht: 12 Männer). Alle Probanden hatten zum Zeitpunkt der Versuche einen gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland (Führerscheinbesitz: $\bar{x} = 5,1$ Jahre; $\sigma = 1,7$ Jahre).

4.4.3.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der dritten Probandenstudie dargestellt. Der Fokus wird erneut auf die Bewertung der Interaktionskonzepte gelegt und die hierfür geeigneten Messgrößen ausgewertet. Für die Überprüfung der Nutzungsanforderungen werden hauptsächlich die ersten Fahrten mit beiden Interaktionskonzepten (a, b) mit den letzten Fahrten (g, h) verglichen, da hier die größte Änderung zu erwarten ist. Die Anzahlen der auswertbaren Datensätze sind zu Beginn jedes Abschnitts angegeben. Für das Vorgehen bei der statistischen Auswertung sei auf Kapitel 3.2 verwiesen.

Prozentuale Blickverteilung ($n = 14$). Erneut ist, aufgrund der auf der Straße aufliegenden Trajektorie, eine Aufteilung der Blicke auf die Bereiche Head-up-Display und Straße für das Interaktionskonzept *pieDrive* nicht möglich. Zusätzlich nimmt das kontaktanaloge Head-up-Display von *pieDrive* mehr Fläche ein als das statische Head-up-Display der herkömmlichen Bedienelemente (siehe Kapitel 4.4.2). Um eine Vergleichbarkeit der Interaktionskonzepte hinsichtlich der prozentualen Blickverteilung zu ermöglichen, wurde daher wie in den ersten beiden Studien entschieden, die Blicke auf das Head-up-Display und auf die Straße einer gemeinsamen Kategorie zuzuordnen. Auf eine separate Auswertung der Blicke auf den Manöver- und Parameterbereich wurde an dieser Stelle verzichtet, da in dieser Studie nur ein Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung untersucht wurde.

Bei den ersten Fahrten mit den Interaktionskonzepten (a, b) wurde der höchste prozentuale Blickanteil auf das Head-up-Display und die Straße mit den herkömmlichen Bedienelementen

($\bar{x} = 95,2\%$; $\sigma = 4,1\%$) erreicht (siehe Abbildung 4-31). Mit *pieDrive* wurde im Mittel $\bar{x} = 93,4\%$ ($\sigma = 2,6\%$) auf das Head-up-Display und die Straße geschaut. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Bei den letzten Fahrten (g, h) ist, während der Fahrt mit den herkömmlichen Bedienelementen ($\bar{x} = 96,2\%$; $\sigma = 2,3\%$), der prozentuale Anteil der Blicke auf das Head-up-Display und die Straße signifikant ($p < 0,05$) höher als während der Fahrt mit *pieDrive* ($\bar{x} = 88,4\%$; $\sigma = 11,7\%$). Beim Vergleich der ersten und letzten Fahrt mit *pieDrive* (a, g) sowie mit den herkömmlichen Bedienelementen (b, h) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Der prozentuale Anteil der Blicke auf das Eingabegerät unterscheidet sich bei den ersten Fahrten (a, b) nicht signifikant (*pieDrive*: $\bar{x} = 0,2\%$; $\sigma = 0,3\%$; herkömmliche Bedienelemente: $\bar{x} = 0,2\%$; $\sigma = 0,3\%$; siehe Abbildung 4-31). Auch bei den letzten Fahrten (g, h) kann kein statistisch signifikanter Unterschied gezeigt werden (*pieDrive*: $\bar{x} = 0,2\%$; $\sigma = 0,3\%$; herkömmliche Bedienelemente: $\bar{x} = 0,1\%$; $\sigma = 0,2\%$). Auch die Unterschiede zwischen der ersten und letzten Fahrt (Paarungen: a, g; b, h) sind für beide Interaktionskonzepte nicht signifikant.

Bei der Betrachtung des prozentualen Anteils der Blicke auf die Rückspiegel können sowohl für die ersten Fahrten (a, b: *pieDrive*: $\bar{x} = 2\%$; $\sigma = 0,8\%$; herkömmliche Bedienelemente: $\bar{x} = 0,9\%$; $\sigma = 0,7\%$) als auch für die letzten Fahrten (g, h: *pieDrive*: $\bar{x} = 2,2\%$; $\sigma = 0,9\%$; herkömmliche Bedienelemente: $\bar{x} = 1,3\%$; $\sigma = 1,1\%$) signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Interaktionskonzepten gezeigt werden (siehe Abbildung 4-31). Die Unterschiede zwischen der ersten und letzten Fahrt (Paarungen: a, g; b, h) sind für beide Interaktionskonzepte nicht signifikant.

Vergleicht man den prozentualen Anteil der Blicke in die Umgebung bei der ersten Fahrt mit *pieDrive* (a: $\bar{x} = 4,3\%$; $\sigma = 2,5\%$) und der ersten Fahrt mit den herkömmlichen Bedienelementen (b: $\bar{x} = 3,7\%$; $\sigma = 4,3\%$), ergibt sich kein signifikanter Unterschied (siehe Abbildung 4-31). Bei der letzten Fahrt (g, h: *pieDrive*: $\bar{x} = 9,1\%$; $\sigma = 11,5\%$; herkömmliche Bedienelemente: $\bar{x} = 2,4\%$; $\sigma = 1,8\%$) kann ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) gezeigt werden. Der Unterschied zwischen der ersten und letzten Fahrt mit *pieDrive* (a, g) ist statistisch signifikant ($p < 0,05$). Für den Unterschied zwischen der ersten und letzten Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen (b, h) kann keine Signifikanz gezeigt werden.

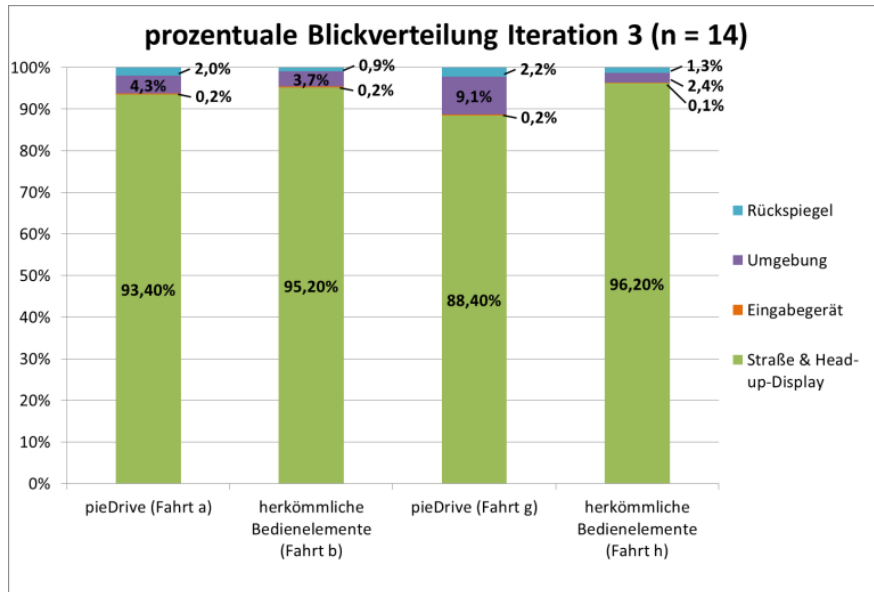


Abbildung 4-31: Prozentuale Blickverteilung der Fahrten a, b, g und h.

Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät ($n = 14$). Bei der Interaktion mit *pieDrive* blickten die Probanden bei der ersten Fahrt (a) im Mittel $\bar{x} = 7,5$ Mal ($\sigma = 7,8$) auf das Eingabegerät. Bei der letzten Fahrt wurde im Mittel $\bar{x} = 6,1$ Mal ($\sigma = 8,7$) auf das Eingabegerät geblickt. Der Unterschied zwischen den Fahrten ist statistisch nicht signifikant. Bei der ersten und letzten Fahrt (b, h) mit herkömmlichen Bedienelementen blickten die Probanden im Mittel $\bar{x} = 7$ Mal ($\sigma = 15,4$) bzw. $\bar{x} = 3,2$ Mal ($\sigma = 4,1$) auf das Eingabegerät. Sowohl für den Vergleich zwischen diesen Fahrten (Paarung: b, h) als auch im Vergleich zu *pieDrive* (Paarungen, a, b; g, h) können keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden.

Während der ersten und letzten Fahrt mit *pieDrive* (a, g) blickten die Probanden insgesamt 8 ($\bar{x} = 0,2$; $\sigma = 0,6$; Dauer längster Blick = 4,1s) bzw. 4 Mal ($\bar{x} = 0,07$; $\sigma = 0,3$; Dauer längster Blick = 6,9s) länger als 1,5s auf das Eingabegerät. Während der ersten und letzten Fahrt (b, h) mit herkömmlichen Bedienelementen wurde insgesamt 1 ($\bar{x} = 0,07$; $\sigma = 0,3$; Dauer längster Blick = 1,9s) bzw. 2 Mal ($\bar{x} = 0,1$; $\sigma = 0,5$; Dauer längster Blick = 1,7s) länger als 1,5s auf das Eingabegerät geblickt. Für die Unterschiede (Paarungen: a, b; g, h; a, g; b, h) können keine statistischen Signifikanzen gezeigt werden.

Eingabefehler ($n = 20$). Während der Versuchsfahrten traten zu keinem Zeitpunkt falsch positive oder falsch negative Eingabefehler auf. Die Erkennungsrate von *pieDrive* kann daher mit 100% angegeben werden. Trotzdem wurde bei der Fahrt mit *pieDrive* nicht an jedem Ent-

scheidungspunkt das korrekte Manöver eingegeben. Aus diesem Grund werden die Entscheidungspunkte im folgenden Abschnitt genauer betrachtet.

Fehler an Entscheidungspunkten ($n = 20$). Bei der Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen wurden insgesamt 5 Entscheidungspunkte falsch befahren (Fahrten b, f und h). Jeder Proband verließ daher an den Entscheidungspunkten im Mittel $\bar{x} = 0,3$ -mal ($\sigma = 0,4$) die Hauptroute. Bei der äquivalenten Fahrt mit *pieDrive* wurden insgesamt 55 Entscheidungspunkte ($\bar{x} = 2,8$; $\sigma = 1,4$) falsch befahren (Fahrten a, d, g). Der Unterschied ist statistisch signifikant ($p < 0,05$). Vergleicht man die Anzahl der falsch befahrenen Entscheidungspunkte der ersten ($\bar{x} = 2$; $\sigma = 1,3$) und letzten ($\bar{x} = 0,2$; $\sigma = 0,4$) *pieDrive*-Fahrt (Fahrten a, g), so ergibt sich bei der letzten Fahrt eine signifikante Reduktion ($p < 0,05$). Die letzte Fahrt mit *pieDrive* unterscheidet sich hierbei nicht signifikant von der letzten Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen (Fahrten g, h).

Für das falsche Befahren eines Entscheidungspunkts konnten zwei Gründe identifiziert werden. Zum einen wurde von den Probanden teilweise keine Manövereingabe vorgenommen. Zum anderen wurden durch die Probanden falsche Manöver eingegeben. Zusätzlich konnte beobachtet werden, dass bei einigen Entscheidungspunkten mehrere Manöverbeauftragungen stattfanden. Hierbei kam es vor, dass falsch eingegebene Manöver korrigiert oder bereits richtig eingegebene Manöver noch einmal eingegeben wurden. Zur besseren Beschreibung dieser Interaktionen wurden für diese Auswertung drei Fehlerarten (falsche Manövereingabe, Rückmeldungsfehler und keine Manövereingabe) definiert, die im Folgenden zunächst für alle Entscheidungspunkte und anschließend nur für die falsch befahrenen Entscheidungspunkte betrachtet werden. Hierbei beginnt die Betrachtung in dem Moment, in dem die Manöver des Entscheidungspunkts zur Eingabe zur Verfügung standen und endet mit dem Überfahren des Punktes der letztmöglichen Manövereingabe für den betrachteten Entscheidungspunkt (Entscheidungsbereich). Unter einer falschen Manövereingabe werden alle Manövereingaben verstanden, die innerhalb des Entscheidungsbereichs eingegeben wurden und nicht dem Zielmanöver entsprechen. Jede Eingabe nach einer bereits erfolgten korrekten Eingabe des Zielmanövers wird als Rückmeldefehler klassifiziert. Es wird angenommen, dass der Fahrer nicht verstanden hat, dass bereits das richtige Manöver ausgeführt wird. Ist die Eingabe nach einer erfolgten korrekten Eingabe zusätzlich eine falsche Manövereingabe, wird sie beiden Fehlerarten zugeordnet. Gibt der Fahrer nach dem Auftreten dieser Fehler im Entscheidungsbereich das korrekte Manöver ein, kann der Entscheidungspunkt trotzdem richtig befahren werden.

Findet an einem Entscheidungspunkt keine Manövereingabe statt, wird der Entscheidungspunkt falsch befahren und entsprechend klassifiziert.

Insgesamt traten an den Entscheidungspunkten der betrachteten Fahrten (a, d, g) pro Proband im Mittel $\bar{x} = 2,8$ ($\sigma = 3,6$) Rückmeldungsfehler und $\bar{x} = 0,7$ ($\sigma = 0,8$) falsche Eingaben auf. An $\bar{x} = 3$ ($\sigma = 1,5$) Entscheidungspunkten wurde keine Manövereingabe getätigt. Vergleicht man Fehler der ersten (falsche Manövereingabe: $\bar{x} = 0,4$; $\sigma = 0,5$; Rückmeldungsfehler: $\bar{x} = 0,9$; $\sigma = 1,3$; keine Manövereingabe: $\bar{x} = 1,8$; $\sigma = 1,3$) und letzten (falsche Manövereingabe: $\bar{x} = 0,2$; $\sigma = 0,5$; Rückmeldungsfehler: $\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 1,6$; keine Manövereingabe: $\bar{x} = 0,2$; $\sigma = 0,5$) *pieDrive*-Fahrt (siehe Abbildung 4-32), so ergibt sich hinsichtlich der Entscheidungspunkte ohne Manövereingabe ein signifikanter Rückgang. Die Unterschiede zwischen den Rückmeldefehlern und den falschen Manövereingaben sind nicht signifikant. Von den insgesamt 55 falsch befahrenen Entscheidungspunkten wurde an 47 keine Manövereingabe getätigt. An den restlichen 8 falsch befahrenen Entscheidungspunkten wurden 12 Rückmeldungsfehler und 6 falsche Eingaben protokolliert.

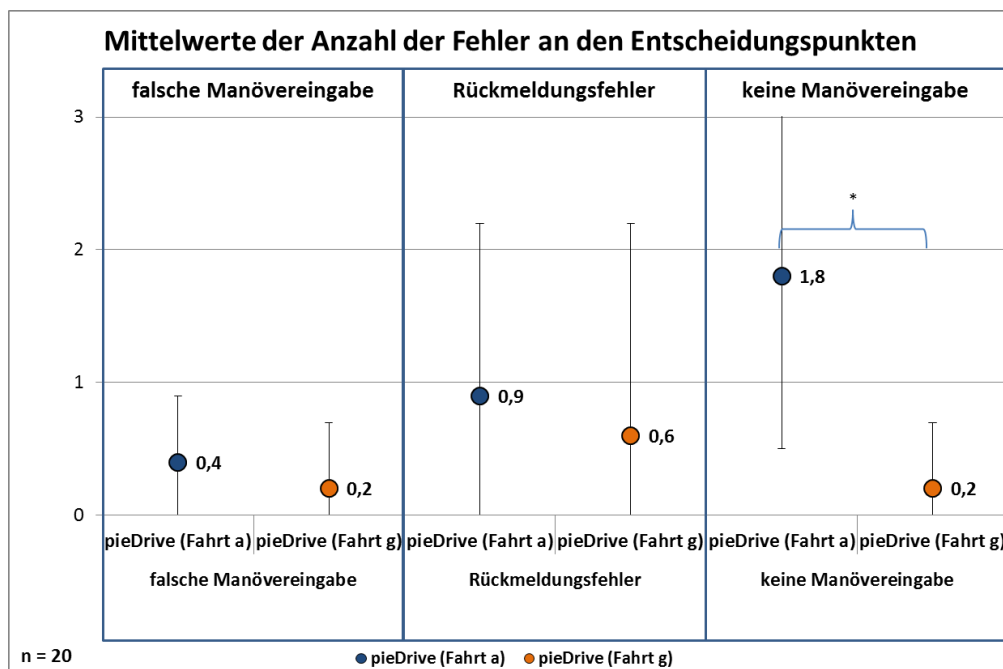


Abbildung 4-32: Mittelwerte der Fehleranzahl an den Entscheidungspunkten der Fahrten a und g. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente ($n = 20$). Im Mittel wurde für alle Interaktionen der betrachteten *pieDrive*-Fahrten (a, d, g) eine Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente von $\bar{x} = 0,18$ ($\sigma = 0,1$) ermittelt. Betrachtet man die erste und letzte Fahrt mit

pieDrive getrennt, ergibt sich im Mittel eine Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente von $\bar{x} = 0,2$ ($\sigma = 0,2$) bzw. $\bar{x} = 0,1$ ($\sigma = 0,1$). Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Interaktionszeiten bei Manövereingaben ($n = 20$). Als Interaktionszeit wird die Zeit definiert, die zwischen dem Auflegen und Abheben eines Fingers zur Manövereingabe verstreicht. Hierbei wurden die Abbrüche der Manövereingabe (Abheben in der Startzone) nicht betrachtet. Bei den betrachteten *pieDrive*-Fahrten (a, d, g) ergab sich für alle Interaktionen im Mittel eine Interaktionszeit von $\bar{x} = 868,5\text{ms}$ ($\sigma = 316,3\text{ms}$) pro Manövereingabe. Getrennt nach der ersten und letzten *pieDrive*-Fahrt (a, d, h) wurde pro Manövereingabe eine Interaktionszeit von $\bar{x} = 1045,8\text{ms}$ ($\sigma = 482,5$) bzw. $\bar{x} = 784,2\text{ms}$ ($\sigma = 404,9$) benötigt. Für die Reduktion der Interaktionszeiten von der ersten zur letzten *pieDrive*-Fahrt kann ein signifikanter ($p < 0,05$) Unterschied gezeigt werden.

Insgesamt wurden bei den betrachteten *pieDrive*-Fahrten (a, d, g) 91 Interaktionen mit einer Interaktionszeit von größer gleich 2900ms dokumentiert. Hierbei ist auffällig, dass an den Entscheidungspunkten insgesamt nur eine Manövereingabe länger als 2900ms dauerte (Eingabedauer: 4416ms). Der betroffene Entscheidungspunkt konnte trotz der längeren Eingabezeit durch eine niedrige Fahrzeuggeschwindigkeit von etwa 20km/h korrekt befahren werden.

Hedonische und pragmatische Qualität ($n = 19$). Die pragmatische Qualität der herkömmlichen Bedienelemente wurde in den Fahrten b ($\bar{x} = 5,3$; $\sigma = 0,9$) sowie h ($\bar{x} = 5,5$; $\sigma = 0,7$) höher bewertet als die pragmatische Qualität von *pieDrive* in den äquivalenten Fahrten a ($\bar{x} = 4,9$; $\sigma = 0,9$) sowie g ($\bar{x} = 4,9$; $\sigma = 1$) (siehe Abbildung 4-33). Die Unterschiede zwischen den Fahrten (Paarungen: a, b; a, g; b, h; g, h) sind statistisch nicht signifikant.

Die hedonische Qualität wurde bei ersten ($\bar{x} = 5,1$; $\sigma = 0,7$) und letzten ($\bar{x} = 4,9$; $\sigma = 0,6$) *pieDrive*-Fahrt höher bewertet als bei der ersten ($\bar{x} = 3,9$; $\sigma = 0,7$) und letzten ($\bar{x} = 4$; $\sigma = 0,9$) Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen. Hierbei ist der Unterschied zwischen den Interaktionskonzepten signifikant ($p < 0,05$; Paarungen a, b; g, h). Die Veränderung der hedonischen Qualität von der ersten Fahrt im Vergleich zu letzten Fahrt ist für beide Interaktionskonzepte nicht signifikant (Paarungen a, g; b, h).

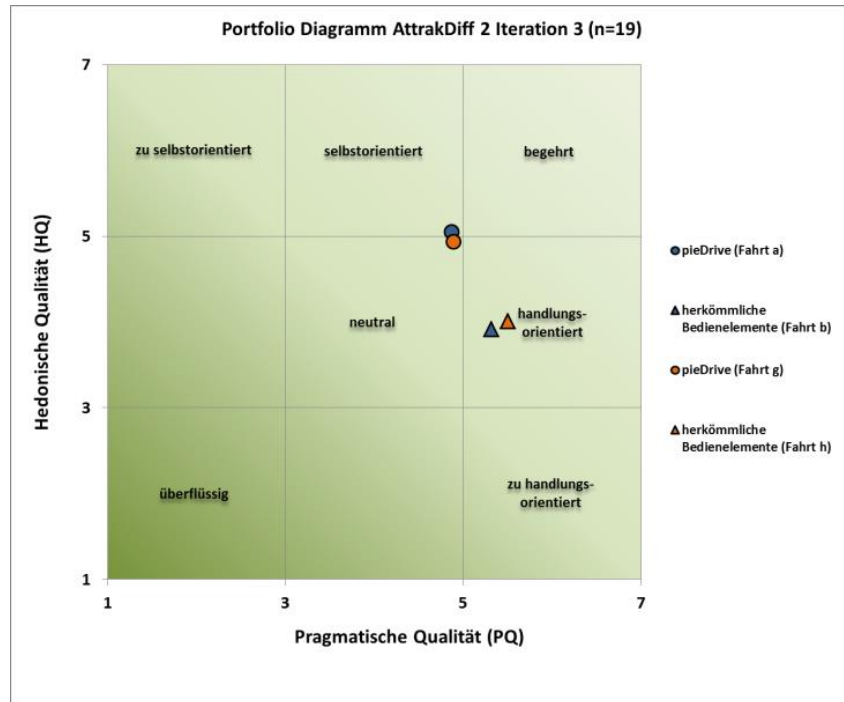


Abbildung 4-33: Portfoliodiagramm zur Darstellung der Ergebnisse des AttrakDiff™ 2 Fragebogens (Hassenzahl et al., 2003) der dritten Iteration.

Vergleichsfragebogen ($n = 19$). Mit der Hilfe von 7-stufigen Likert-Skalen (1: trifft nicht zu; 7: trifft zu) wurden die Probanden erneut hinsichtlich ihrer Zustimmung zu Aussagen bezüglich der Einfachheit der Parameter- sowie Manövereingabe, der Ablenkung vom Verkehrsgeschehen und der Erlernbarkeit der Interaktionskonzepte befragt.

Im Mittel stimmten die Probanden der Aussage zu, dass es bei der ersten *pieDrive*-Fahrt (a) leicht war, dem Fahrzeug Manöver ($\bar{x} = 5,5$; $\sigma = 1,8$) und Parameter ($\bar{x} = 5,5$; $\sigma = 1,5$) zu übergeben (siehe Abbildung 4-34). Der Unterschied im Vergleich zur letzten *pieDrive*-Fahrt (Manöver: $\bar{x} = 6$; $\sigma = 1,2$; Parameter: $\bar{x} = 6$; $\sigma = 1$) ist statistisch nicht signifikant.

Im Vergleich der Interaktionskonzepte hinsichtlich der Aussage, ob die Bedienung vom Verkehrsgeschehen ablenkt, wurden die herkömmlichen Bedienelemente bei der ersten Fahrt mit $\bar{x} = 1,9$ ($\sigma = 1,3$; Fahrt b) und *pieDrive* mit $\bar{x} = 3,3$ ($\sigma = 1,9$; Fahrt a) bewertet (siehe Abbildung 4-34). Der Unterschied zwischen den Interaktionskonzepten ist statistisch signifikant ($p < 0,05$). Bei den letzten Fahrten (g, h) schnitten die herkömmlichen Bedienelemente mit $\bar{x} = 2,1$ ($\sigma = 1,4$; Fahrt h) und mit *pieDrive* $\bar{x} = 3$ ($\sigma = 1,8$; Fahrt g) ab. Auch hier ist der Unterschied zwischen den Interaktionskonzepten statistisch signifikant ($p < 0,05$). Die Verände-

rung der Interaktionskonzepte von der ersten zur letzten Fahrt (Paarungen: a, g; b, h) ist nicht signifikant.

Weiterhin stimmten die Probanden nach der ersten *pieDrive*-Fahrt (a) im Mittel der Aussage zu, dass das Interaktionskonzept leicht zu erlernen war ($\bar{x} = 6,2$; $\sigma = 1,1$) (siehe Abbildung 4-34). Der Unterschied zur letzten *pieDrive*-Fahrt ($\bar{x} = 6,5$; $\sigma = 1,1$) ist nicht signifikant.

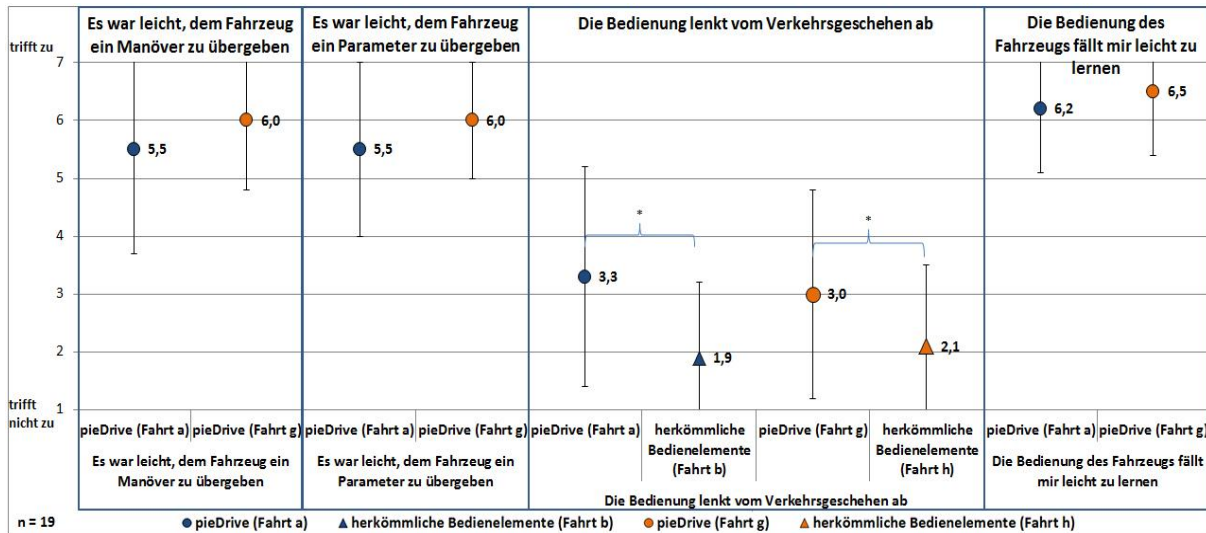


Abbildung 4-34: Subjektive Ergebnisse 1 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

Mit der Hilfe einer visuellen Analogskala (0: nicht intuitiv; 1: intuitiv) wurden die Probanden zusätzlich gebeten, die Intuitivität der Interaktionskonzepte zu bewerten. Hierbei wurden die herkömmlichen Bedienelemente bei der ersten und letzten Fahrt (b: $\bar{x} = 0,8$; $\sigma = 0,2$; h: $\bar{x} = 0,8$; $\sigma = 0,2$) signifikant ($p < 0,05$) besser bewertet als *pieDrive* (a: $\bar{x} = 0,6$; $\sigma = 0,3$; g: $\bar{x} = 0,7$; $\sigma = 0,3$) (siehe Abbildung 4-35). Die Unterschiede der Interaktionskonzepte zwischen der ersten und letzten Fahrt (Paarungen: a, g; b, h) sind nicht signifikant.

Hinsichtlich der Fehlerrobustheit bewerteten die Probanden die herkömmlichen Bedienelemente auf einer visuellen Analogskala (0: fehleranfällig; 1: fehlerrobust) mit $\bar{x} = 0,5$ ($\sigma = 0,2$; Fahrt b) bzw. $\bar{x} = 0,7$ ($\sigma = 0,2$; Fahrt h) (siehe Abbildung 4-35). Der Unterschied zwischen der ersten und letzten Fahrt mit herkömmlichen Bedienelementen ist signifikant ($p < 0,05$). *pieDrive* wird nach der ersten Fahrt (a) mit $\bar{x} = 0,5$ ($\sigma = 0,2$) und nach der letzten Fahrt (g) mit $\bar{x} = 0,6$ ($\sigma = 0,2$) bewertet. Für den Unterschied zwischen den beiden Fahrten kann keine Signifikanz gezeigt werden. Auch die Unterschiede zwischen den Interaktionskonzepten am ersten und letzten Tag sind nicht signifikant.

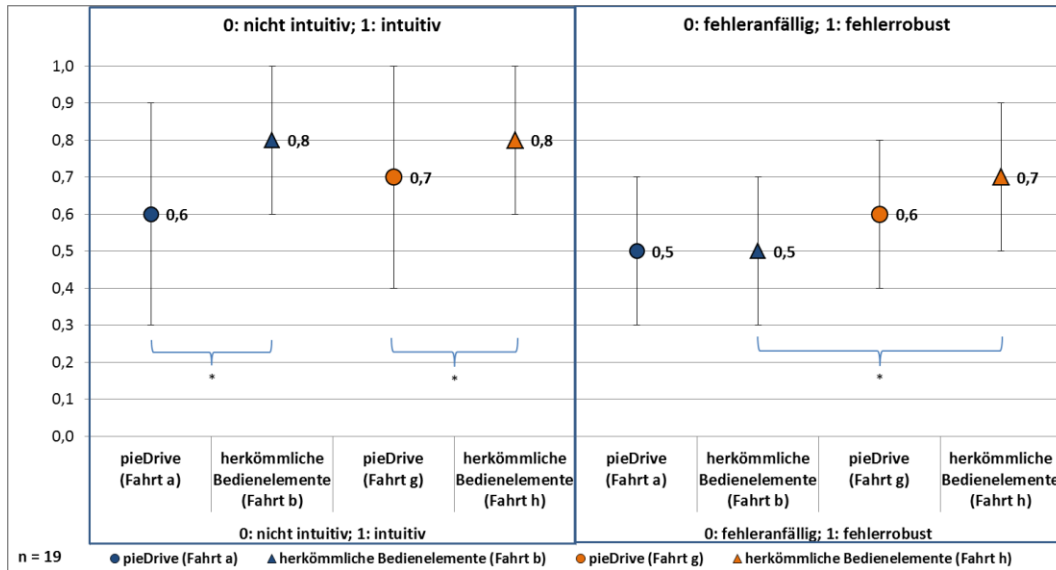


Abbildung 4-35: Subjektive Ergebnisse 2 des Vergleichs der Interaktionskonzepte. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * markiert.

4.4.3.3 Diskussion

In der dritten Evaluationsstudie konnten die Vor- und Nachteile des Interaktionskonzepts *pieDrive* umfangreicher untersucht werden. Hinsichtlich der prozentualen Blickverteilung der ersten Fahrten (a, b) mit beiden Interaktionskonzepten ergab sich nur bei den Blicken auf die Rückspiegel ein signifikanter Unterschied. Mit *pieDrive* blickten die Probanden signifikant länger auf die Rückspiegel als mit herkömmlichen Bedienelementen. Dieses Ergebnis kann mit der Änderung der Aufgaben des Fahrers erklärt werden. Da der Fahrer das Fahrzeug sowie die Manöverausführung überwachen und im Fehlerfall eingreifen muss, ist die genaue Beobachtung der umliegenden Verkehrssituation wichtig (siehe Kapitel 2.1.2.1). Dieser Aufgabe scheinen die Probanden nachzukommen, indem sie auch das rückwärtige Umfeld des eigenen Fahrzeugs verstärkt überwachen. Da diese prozentuale Blickverschiebung für die Ausführung der Fahreraufgaben als positiv gesehen werden kann und keine signifikanten Änderungen in den anderen Blickbereichen hervorgerufen werden, kann die Anforderung nach einer unveränderten prozentualen Blickverteilung im Vergleich zur herkömmlichen Fahrzeugführung (A11) zunächst erfüllt werden. Bei der Betrachtung der letzten Fahrten (g, h) ergab sich allerdings eine weitere prozentuale Blickverschiebung. Hierbei sanken bei einigen Probanden prozentual die Blicke auf das Head-up-Display sowie die Straße und die Blicke in die Umgebung nahmen zu. Dieses Ergebnis zeigt sich auch, wenn man die Stadt-, Landstraßen- und Autobahnteile getrennt betrachtet. Eine Begründung hierfür könnte sein, dass sich der

Fahrer teilweise aus der Fahraufgabe zurückzieht. Hierdurch könnten vor allem in Situationen, in denen der Fahrer die manöverbasierte Fahrzeugführung unterstützen muss, Probleme entstehen. Es gab allerdings in der dritten Studie keine Anzeichen dafür, dass es durch die Blickverschiebung zu mehr Fehlern an den Entscheidungspunkten kommt. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die niedrige Fehlerzahl auch mit dem wiederholten Befahren der gleichen Versuchsstrecke erklärt werden könnte. Die vorliegende Arbeit kann daher nicht abschließend beantworten, ob sich die Fahrer bei der manöverbasierten Fahrzeugführung aus der Fahraufgabe zurückziehen. Dies muss in Folgestudien weiter untersucht werden. Insgesamt wird die Anforderung A11 als nicht erfüllt betrachtet.

Bei der Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät sowie bei der Anzahl der Blicke über 1,5s auf das Eingabegerät ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen *pieDrive* und den herkömmlichen Bedienelementen. Die Anforderungen, dass die Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät dem Ergebnis bei der herkömmlichen Fahrzeugführung entspricht (A12), konnte daher mit *pieDrive* erfüllt werden. Weiterhin ist erneut die Anzahl der Blicke auf das Bedienelement von über 1,5s bei beiden Interaktionskonzepten sehr klein (insgesamt 18 Blicke bei den Fahrten a, b, d, f, g, h), sodass statistisch von Ausreißern ausgegangen werden kann. Die Anforderungen bezüglich einer maximalen Blickzeit von 1,5s auf das Eingabegerät bei der Manöver- und Parametereingabe (A9 & A10) wird daher als erfüllt betrachtet.

Da während der Fahrt mit *pieDrive* keine falsch positiven und falsch negativen Eingabefehler auftraten, konnten die zugehörigen Anforderungen (A13 & A14) ebenfalls erfüllt werden. Trotzdem kam es bei der Manövereingabe bei der ersten Fahrt mit *pieDrive* zu signifikant mehr falsch befahrenen Entscheidungspunkten als bei den anderen Fahrten mit *Conduct-by-Wire*. Dieses Ergebnis kann mit der fehlenden Eingewöhnungsfahrt erklärt werden. Hierdurch waren die Probanden gezwungen, das Interaktionskonzept während der eigentlichen Versuchszeit zu erlernen. Es zeigte sich, dass der Hauptgrund für falsch befahrene Entscheidungspunkte war, dass keine Manöver eingegeben wurden. Es wird daher angenommen, dass die Probanden nach der schriftlichen Erklärung nicht vollständig verstanden hatten, welche Trajektorie automatisch ausgewählt wird und wann Manöver eingegeben werden müssen. Der Lernprozess könnte z.B. durch eine bessere Gestaltung des Head-up-Displays verbessert werden. Die eigentliche Manövereingabe stellte für die Probanden keine große Herausforderung dar. Für diese Aussage spricht die ab der ersten Eingabe aufgezeichnete niedrige Anzahl der unnötig ausgewählten Menüsegmente.

Die Interaktionszeiten bei der Manövereingabe lagen bereits bei der ersten Fahrt mit *pieDrive* (a) im Mittel etwa 1,9s unter der in Anforderung A21 geforderten Grenze von maximal 2,9s. Bei der letzten Fahrt mit *pieDrive* (g) wurden im Mittel Interaktionszeiten von 0,78s aufgezeichnet. Während der Fahrten wurden auch Interaktionszeiten über 2,9s gemessen. Diese Interaktionen fanden allerdings, wie bereits beschreiben, bis auf eine Ausnahme nicht an Entscheidungspunkten statt. Es wird daher angenommen, dass ein Manöver innerhalb der 2,9s eingegeben werden kann. Steht den Probanden mehr Zeit für die Eingabe zur Verfügung (z.B. durch niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten), so wird die Zeit teilweise zur Eingabe genutzt. Da dieser Fall als unkritisch angesehen wird, wird die Anforderung A21 als erfüllt betrachtet.

Bei den subjektiven Daten wurde die Ablenkung von Straßenverkehr mit dem Interaktionskonzept *pieDrive* signifikant höher bewertet als mit herkömmlichen Bedienelementen. Diese Einschätzung könnte mit der größeren Head-up-Display-Darstellung oder dem Fahrzeugführungskonzept *Conduct-by-Wire* zusammenhängen. Um den Grund eindeutig zu klären, sind allerdings weitere Untersuchungen notwendig. Weiterhin wurde auch die Intuitivität von *pieDrive* schlechter bewertet als die der herkömmlichen Bedienelemente. Es wird vermutet, dass das komplexere Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung zusammen mit der komplexeren Head-up-Display-Darstellung zu dieser Wahrnehmung geführt hat. Zusätzlich wurde ein unbekanntes Konzept mit einem bereits bekannten und genutzten Konzept verglichen. Auch hierdurch kann das beschriebene Ergebnis zustande gekommen sein. Zur abschließenden Klärung sind auch hier weitere Untersuchungen notwendig.

Alle weiteren Anforderungen wurden von *pieDrive* erfüllt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Interaktionskonzept *pieDrive* auch für den Einsatz in der Stadt und für Überlandfahrten prinzipiell geeignet erscheint. Die aufgestellten Anforderungen konnten in der dritten Evaluationsstudie weitgehend erfüllt werden. Es zeigte sich allerdings, dass sich das Verhalten des Fahrers und somit auch die Ergebnisse mit der Nutzungszeit ändern. Daher besteht weiterhin Entwicklungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich der in diesem Kapitel diskutierten Ergebnisse. Im nächsten Kapitel wird nun die Methode dieser Arbeit kritisch hinterfragt und ein abschließendes Fazit gezogen.

5 Diskussion und Fazit

In diesem Kapitel werden die vorausgegangenen Kapitel erneut aufgegriffen und diskutiert. Da die Ergebnisse der Evaluationsstudien bereits in den Kapiteln 4.2.3.3, 4.3.3.3 sowie 4.4.3.3 diskutiert wurden, konzentriert sich die abschließende Diskussion in Kapitel 5.1 auf die Methodik dieser Arbeit. Im Anschluss daran wird in Kapitel 5.2 ein Fazit zur Erreichung der Ziele dieser Arbeit gezogen.

5.1 Diskussion

Das übergeordnete Ziel der Arbeit war die Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts für die manöverbasierte Fahrzeugführung (siehe Kapitel 1.1). Hierfür wurden zunächst Anforderungen an ein Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung aus der Literatur abgeleitet und drei verschiedene Interaktionskonzepte in mehreren Entwicklungsstufen in insgesamt drei Iterationen miteinander und mit der herkömmlichen Fahrzeugführung verglichen. Hierbei ist anzumerken, dass die Anforderungen aus Normen und Richtlinien abgeleitet wurden, die für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion der herkömmlichen Fahrzeugführung aufgestellt wurden (siehe Kapitel 2.2.2.1). Bei der Übertragung der Normen und Richtlinien zeigte sich, dass nicht alle Empfehlungen, Kriterien und Messgrößen auf die manöverbasierte Fahrzeugführung übertragen werden können (siehe Kapitel 2.2.2.2). Zusätzlich wurden durch die Evaluationsstudien neue Anforderungen aufgedeckt, die für die manöverbasierte Fahrzeugführung relevant und nicht in den gegenwärtigen Normen enthalten sind. Es ist daher davon auszugehen, dass zukünftige Forschungsarbeiten weitere Anforderungen aufdecken, die in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden. Die Ergebnisse dieser Arbeit können daher nicht als abschließende Untersuchung betrachtet werden, sondern müssen mit zukünftigen Anforderungen abgeglichen werden. Solange zukünftige manöverbasierte Fahrzeugführungskonzepte auch die Möglichkeit der Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene vorsehen, wird aber auch weiterhin empfohlen, bei der Entwicklung des Interaktionskonzepts die Standards und Richtlinien für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Interaktion der herkömmlichen Fahrzeugführung zu betrachten.

In den Evaluationsstudien zeigte sich, dass die aufgestellten und erweiterten Anforderungen durch das Interaktionskonzept *pieDrive* am besten erfüllt werden konnten. Es konnte aller-

dings auch gezeigt werden, dass die Erfüllung der Anforderungen von dem Betrachtungszeitraum abhängt. Vergleicht man beispielsweise nur die ersten Fahrten der dritten Evaluationsstudie (a, b), wurde die Anforderung nach einer unveränderten prozentualen Blickverteilung im Vergleich zu herkömmlichen Fahren (A11) erfüllt (siehe Kapitel 4.4.3.3). Werden die letzten Fahrten miteinander verglichen, kann die Anforderung durch *pieDrive* nicht erfüllt werden. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass sich auch die anderen Ergebnisse der Evaluationsstudien mit häufigerer Nutzung des Interaktionskonzepts weiter verändern und anfangs erfüllte Anforderungen evtl. langfristig nicht mehr erfüllt werden. Auch hierdurch können die beschriebenen Ergebnisse nicht als abschließende Betrachtung verstanden werden. In zukünftigen Untersuchungen sollten daher weiterhin Langzeitversuche durchgeführt und die Anzahl der Wiederholungen und langen Fahrten weiter erhöht werden.

Weiterhin ist anzumerken, dass alle Evaluationsstudien am Beispiel einer konkreten Umsetzung des *Conduct-by-Wire*-Konzepts durchgeführt wurden, da, wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben, dem Autor dieser Arbeit zum gegenwärtigen Zeitpunkt kein weiteres Konzept der manöverbasierten Fahrzeugführung bekannt ist. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind daher nicht notwendigerweise direkt auf evtl. zukünftige manöverbasierte Fahrzeugführungskonzepte übertragbar. Allerdings wird davon ausgegangen, dass die aufgestellten Nutzungsanforderungen sowie die ermittelten Vor- und Nachteile der entwickelten Interaktionskonzepte als Vorlage für eine Entwicklung zukünftiger Interaktionskonzepte für *Conduct-by-Wire* sowie alternative Konzepte dienen können. Es hat sich weiterhin gezeigt, dass die subjektive Bewertung des Interaktionskonzepts für die Probanden eng mit der prototypischen Umsetzung sowie dem eigentlichen manöverbasierten Fahrzeugführungskonzept zusammenhängt. Eine Veränderung der manöverbasierten Fahrzeugführung beeinflusst daher unmittelbar auch die Bewertung des Interaktionskonzepts. Für diese Arbeit wurde die prototypische Umsetzung des manöverbasierten Fahrzeugführungskonzepts unverändert beibehalten und nur um zusätzliche Straßentypen erweitert. In zukünftigen Untersuchungen ist ebenfalls darauf zu achten, dass bei einem reinen Vergleich der Interaktionskonzepte keine grundlegenden Änderungen am manöverbasierten Fahrzeugführungskonzept vorgenommen werden dürfen.

Als letzter Diskussionspunkt soll der Einsatz eines Fahrsimulators für die Evaluation der in dieser Arbeit entwickelten Interaktionskonzepte angesprochen werden. Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt die technische Entwicklung nicht weit genug vorangeschritten ist, um manöverbasiertes Fahren aus der Sicht des Fahrers vor allem in komplexen Situationen untersuchen

zu können, wurde das *Conduct-by-Wire*-Fahrzeug und die entwickelten Interaktionskonzepte im Fahrsimulator abgebildet. Die hierdurch entstandenen Nachteile gegenüber einer Untersuchung im realen Fahrzeug, wie z.B. der Einsatz eines simulierten kontaktanalogen Head-up-Displays, machen weitere Überprüfungen der Ergebnisse dieser Arbeit notwendig. Es wird davon ausgegangen, dass hierdurch zusätzliche Anforderungen entstehen, die in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden. Beispielsweise könnten Vibrationen im realen Fahrzeug ein unbeabsichtigtes Abheben der Finger vom *pieDrive*-Touchpad und somit ungewollte Manövereingaben bewirken. Es wird daher für zukünftige Untersuchungen empfohlen, die bisherigen Ergebnisse im Realfahrzeug zu überprüfen.

Nachdem in diesem Kapitel die Methodik dieser Arbeit diskutiert und erste weitere Untersuchungsmöglichkeiten aufgezeigt wurden, soll im nächsten Kapitel ein abschließendes Fazit gezogen werden.

5.2 Fazit

Wie in Kapitel 1.1 beschrieben, sollten mit dieser Arbeit die folgenden vier Ziele verfolgt werden: 1. Definition der Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung, 2. Ableiten von Bewertungskenngrößen für Interaktionskonzepte für die manöverbasierte Fahrzeugführung, 3. Entwicklung und Evaluation von Interaktionskonzepten für die manöverbasierte Fahrzeugführung und Auswahl eines Interaktionskonzepts und 4. Vergleich des ausgewählten Interaktionskonzepts mit der Interaktion während der herkömmlichen Fahrzeugführung für die Straßentypen Autobahn, Land- und Stadtstraße.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ziele der Arbeit weitgehend erfüllt wurden. Die in Kapitel 2.2.1 vorgestellten Definitionen der Begriffe Interaktion und Interaktionskonzept können als Grundlage für weitere Untersuchungen verwendet werden. Die in Kapitel 2.2.2 abgeleiteten Bewertungsgrößen stellen ebenfalls eine weitreichende Basis für weitere Untersuchungen dar. Weiterhin können für die Neu- und Weiterentwicklung von Interaktionskonzepten für die manöverbasierte Fahrzeugführung die in den Iterationskapiteln (siehe Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4) abgeleiteten Nutzungsanforderungen herangezogen werden. Mit dem *pieDrive*-Konzept konnte zudem ein Interaktionskonzept entwickelt werden, dass die manöverbasierte Fahrzeugführung aus der Sicht des Fahrers für alle Straßentypen ermöglicht, schnell erlernbar und anschließend nahezu fehlerfrei zu bedienen ist. Wie bereits in Kapitel 5.1 beschrieben, kann die Entwicklung und Untersuchung allerdings nicht als abgeschlossen

sowie die Ergebnisse nicht als final betrachtet werden. Die Ergebnisse können aber sehr gut verwendet werden, um die notwendige zukünftige Forschung und Entwicklung besser auszurichten. Im nächsten Kapitel soll ein Ausblick für mögliche zukünftige Forschungsfragen und -ziele gegeben werden.

6 Ausblick

Auch wenn die Ziele dieser Arbeit weitgehend erfüllt werden konnten, müssen einige Aspekte in Zukunft weiter untersucht werden. Hierzu werden in diesem Kapitel methodische Empfehlungen zusammengefasst sowie weitere Forschungsbereiche aufgezeigt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Erfüllung von Anforderungen an ein Interaktionskonzept für die manöverbasierte Fahrzeugführung nicht in einzelnen Versuchsfahrten abschließend untersucht werden kann. Daher wird vorgeschlagen, dass zukünftige Forschungen bezüglich des Interaktionskonzepts Langzeitstudien durchführen, die langfristiger ausgerichtet sind als die dritte Evaluationsstudie dieser Arbeit. Um Lerneffekte detailliert betrachten zu können, wird von Takae, Iwai, Kubota und Watanabe (2005) vorgeschlagen, dass der Versuchsträger dem Probanden für vier Wochen überlassen wird. Sacher (2008) empfiehlt einen Zeitraum von sechs Wochen für die Evaluation von Lerneffekten bei Fahrerassistenzsystemen. Auch die ACC-Versuche mit Vielfahrern von Weinberger, Winner und Bubb (2001) zeigen, dass frühestens nach zwei Wochen von einem stabilen Fahrerverhalten ausgegangen werden kann. Eine Voraussetzung für die Durchführung dieser Art von Studien ist allerdings ein funktionierender Prototyp, der im Straßenverkehr sicher bewegt werden kann. Der nächste Schritt bei der Erforschung der Interaktion in einem manöverbasierten Fahrzeug sollte daher der Aufbau eines Prototyps sein, mit dem reale Fahrversuche durchgeführt werden können.

Neben der Untersuchung der Langzeiteffekte der manöverbasierten Fahrzeugführung und dem zugehörigen Interaktionskonzept sollten auch Situationen detailliert betrachtet werden, in denen der Fahrer das Fahrzeug unterstützen muss. Vor allem Situationen, die zu einem Unfall führen könnten und vom Fahrzeug nicht selbstständig gelöst werden können, müssen hierbei untersucht werden. Soll in diesen Situationen die Kontrolle des Fahrzeugs auf Stabilisierungsebene wieder vom Fahrer übernommen werden, so müssen diese Übergabesituationen genau betrachtet werden. Hierbei stellen sich vor allem die Fragen, wieviel Zeit der Mensch für eine erfolgreiche Übernahme benötigt und wie diese am besten gestaltet werden sollte. Auch zur Untersuchung dieser Fragestellungen ist der Aufbau eines realen Fahrzeugs unumgänglich, da Probanden die Kritikalität von Verkehrssituationen im Fahrsimulator unterschiedlich wahrnehmen und in tatsächlich kritischen Situationen teilweise verschieden reagieren (Blana, 1996). Um die genannten Fragestellungen abschließend beantworten zu können, sind auch

hier Langzeitstudien unumgänglich. Sollte sich der Fahrer bei wiederholten oder längeren Fahrten teilweise oder vollständig aus der Fahraufgabe zurückziehen, ist von einer Veränderung der benötigten Übergabezeit und somit auch der Gestaltung der Übergabe auszugehen. Weiterhin ist zu untersuchen, inwieweit es bei regelmäßiger exklusiver Verwendung der manöverbasierten Fahrzeugführung zu einem Fertigungsverlust bei der herkömmlichen Fahrzeugführung kommt.

Ein weiteres Untersuchungsfeld ist die Veränderung der Interaktion in einem manöverbasierten Fahrzeug in ablenkenden Situationen (z.B. ein Gespräch mit einem Beifahrer) oder in Situationen mit Nebenaufgaben (z.B. Einstellen des Radios). Hierbei gilt es zu untersuchen, ob und wie sich die Ablenkung auf die Interaktion mit dem Fahrzeug und die Erfüllung der Nebenaufgabe auswirkt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen auch, dass es bei der manöverbasierten Fahrzeugführung vor allem in komplexen Situationen wichtig wird, dem Fahrer die zukünftige Trajektorie des Fahrzeugs zu erklären. Auch vor der Eingabe der Manöver sollte der Fahrer genau verstehen können, wie die Trajektorien der einzelnen Manöver aussehen, um keine Fehler zu machen. In dieser Arbeit wurde hierzu ein kontaktanaloges Head-up-Display verwendet, das auch für die weitere Betrachtung empfohlen wird. Erste Ansätze für die technische Umsetzung eines kontaktanalogen Head-up-Displays finden sich u.a. in Schneid (2009) sowie Israel (2012). Alternativ kann untersucht werden, ob die zukünftige Fahrzeugtrajektorie dem Fahrer auch mit in gegenwärtigen Serienfahrzeugen vorhandenen Anzeigen ausreichend gut erklärt werden kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich zudem verwenden, um erste Anforderungen aus der Sicht des Menschen an die Technik zu formulieren. In Kapitel 4.4.1 wurde abgeleitet, dass in dem *Conduct-by-Wire*-Prototyp bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von konstant 50km/h für Manövereingaben maximal 2,9s zur Verfügung stehen. Die Versuche haben gezeigt, dass Probanden Manöver bei der ersten Fahrt mit *pieDrive* (a) im Mittel $\bar{x} = 1046\text{ms}$ ($\sigma = 482,5$) und bei der letzten Fahrt mit *pieDrive* (g) im Mittel $\bar{x} = 784\text{ms}$ ($\sigma = 404,9$) benötigen um ein Manöver einzugeben. Hieraus lässt sich mit der Annahme, dass alle Werte größer der zweifachen Standardabweichungen Ausreißer sind, ableiten, dass für die Eingabe der Manöver bei konstant 50km/h mindestens 27,8m bzw. 22,2m zur Verfügung stehen müssen. Ein manöverbasiertes Fahrzeug muss in dieser Situation daher mindestens 27,8m vor dem letztmöglichen Eingabepunkt die Manövereingabe ermöglichen (Vernachlässigt wurden die Zeiten zur Auswahl eines Manövers sowie zum Aufsetzen des Fingers auf das Touchpad).

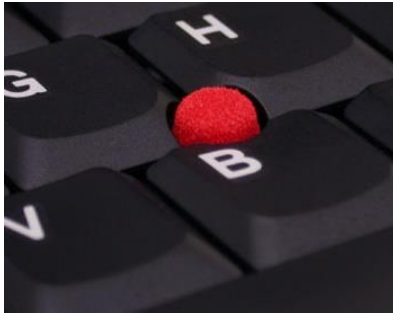


Abbildung 6-1: Trackpoint auf der Tastatur eines IBM-Computers. Abbildung von support.lenovo.com (2013).



Abbildung 6-2: Analog-Stick eines GameCube™ Spielecontrollers. Abbildung von upload.wikimedia.org (2013).



Abbildung 6-3: Dreh-Drücksteller des Modells Mercedes B 200 CDI. Abbildung von www.ace-online.de (2013).

Weiterhin ist das Interaktionskonzept *pieDrive* auch auf andere Eingabegeräte übertragbar, die eine präzise Segmentauswahl in einem halbkreisförmigen Menü ermöglichen. Beispielsweise könnte für die Manövereingabe auch ein Trackpoint (siehe Abbildung 6-1) oder ein Analog-Stick (siehe Abbildung 6-2) verwendet werden, der in der Armlehne oder auf dem Lenkrad angebracht ist. Aber auch der Einsatz eines Dreh-Drückstellers (siehe Abbildung 6-3) ist für die Manövereingabe denkbar. Da gegenwärtig vermehrt Touchpads zur Bedienung von Infotainmentsystemen in die Armlehne des Fahrersitzes eingebaut werden (z.B. Mercedes C-Klasse, siehe Abbildung 6-4 oder Audi A3 siehe Abbildung 6-5), scheint allerdings auch eine Umsetzung analog zu dem überprüften Prototyp möglich. Zur abschließenden Entscheidung, welches Eingabegerät für *pieDrive* und die manöverbasierte Fahrzeugführung am besten geeignet ist, sollten ebenfalls Versuche in einem realen Fahrzeug durchgeführt werden.



Abbildung 6-4: Touchpad zur Eingabe von Schrift und Zahlen sowie zum Steuern des Infotainmentsystems in einer Mercedes C-Klasse. Abbildung von www.handelsblatt.com (2013).



Abbildung 6-5: Touchpad auf der Oberfläche des Dreh-Drückstellers zur Eingabe von Schrift und Zahlen in einem Audi A3. Abbildung von i.computer-bild.de (2013).

Zum Abschluss soll noch erwähnt werden, dass das entwickelte Interaktionskonzept auch für nicht manöverbasierte Fahrzeugführungskonzepte eingesetzt werden könnte. Beispielsweise ist es vorstellbar, dass auch vollautomatisierte Fahrzeuge dem Fahrer die Möglichkeit bieten, auf Wunsch Einfluss auf die Trajektorie zu nehmen. Es wird angenommen, dass hierdurch die Akzeptanzschwelle gesenkt werden kann (siehe Schreiber, 2012). Auch für diese Anwendung könnte das in dieser Arbeit entwickelte Interaktionskonzept als Basis für weitere Entwicklungen dienen.

7 Literaturverzeichnis

- ACEA. (2009). *Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS* (Version 5.0).
- Bernotat, R. (1970). Plenary Session: Operation Function in Vehicle Control. *Anthropotechnik in der Fahrzeugführung, Applied Ergonomics*, 13, 353–377.
- Blana, E. (1996). *A Survey of Driving Research Simulators Around the World. ITS Working Paper 481.* : University of Leeds, Institute for Transport Studies.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Brockhaus. (2006). *Brockhaus-Enzyklopädie: in 30 Bänden. Hurs - Jem* (21., völlig neu bearb. Aufl). Leipzig, Mannheim: Brockhaus.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189, 194.
- Bruder, R. & Didier, M. (2012). Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. In H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme* (S. 314-324). Vieweg+Teubner Verlag.
- Bruder, R., Franz, B., Kauer, M. & Schreiber, M. (2011). Fahrerverhalten einer kooperativen Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In *Zukunft der Fahrzeugführung - kooperativ oder autonom?* (S. 1-11). Darmstadt.
- Bubb, H. (1993). Systemstruktur. In H. Schmidtke (Hrsg.), *Ergonomie* (3. Auflage). München: Hanser Verlag.
- Bubb, H. (2002). Der Fahrprozess - Informationsverarbeitung durch den Fahrer. In VDA (Hrsg.), *VDA Technischer Kongress 2002. Sicherheit durch Elektronik / Fahrzeugsicherheit, Elektronik* (S. 19–38). Frankfurt am Main: VDA.
- Buld, S., Krüger, H.-P., Hoffmann, S., Kaussner, A., Tietze, H. & Totzke, I. (2002). *Wirkungen von Assistenz und Automation auf Fahrerzustand und Fahrsicherheit. Abschlussbericht Emphasis, Effort-Management und Performance-Handling in sicherheitsrelevanten Situationen, Förderkennzeichen 19 S 9812 7.* : Interdisziplinäres Zentrum.

-
- Buld, S., Tietze, H. & Krüger, H.-P. (2005). Auswirkungen von Teilautomation auf das Fahren. In M. Maurer & C. Stiller (Hrsg.), *Fahrerassistenzsysteme mit maschineller Wahrnehmung* (S. 161–187). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Chapanis, A. (1965). On the allocation of functions between men and machines. *Occupational Psychology* (39).
- Dekker, S. W. A. & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or Abracadabra? Progress on Human–Automation Co-ordination. *Cognition Tech Work*, 4 (4), 240-244.
- Dickmanns, E. D. (2002). The Development of Machine Vision for Road Vehicles in the Last Decade. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2002* (S. 268–281). IEEE.
- Donges, E. (1982). Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. *Automobilindustrie*, 27 (2), 183- 190.
- Driver Focus-Telematics Working Group. (2006). *Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems* (Alliance of Automobile Manufacturers, Hrsg.).
- Dudenredaktion. (2007). *Duden, Das Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache ; auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln*. Mannheim: Dudenverlag.
- Dudenredaktion. (2010). *Duden, die deutsche Rechtschreibung. auf der Grundlage der aktuellen amtlichen Rechtschreibregeln*. Mannheim: Dudenverlag.
- Edwards, E. & Lees, F. P. (1973). *Man and computer in process control*: Institution of Chemical Engineers.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37 (1), 32–64.
- European Commission. (2008). Commission recommendation of 26 May 2008 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update of the European Statement of Principles on Human Machine Interface. *Commission document C, 1742*.
- FGSV (Hrsg.). (2006). *Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. RASt 06*. Köln: FGSV Verlag GmbH.

-
- FGSV (Hrsg.). (2008). *Richtlinien für die Anlage von Autobahnen*. RAA. Köln: FGSV Verlag GmbH.
- FGSV (Hrsg.). (2012). *Richtlinien für die Anlage von Landstraßen*. RAL. Köln: FGSV Verlag GmbH.
- Fischer, P. & Hofer, P. (2011). *Lexikon der Informatik* (15. überarbeitete Auflage; Online-Edition). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Fitts, P. M. (1951). Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system.
- Flach, J. M. (2000). Discovering situated meaning: An ecological approach to task analysis. In J. M. Schraagen, S. F. Chipman & V. L. Shalin (Hrsg.), *Cognitive Task Analysis* (S. 87–100). Taylor & Francis.
- Flemisch, F., Adams, C., Conway, S., Goodrich, K., Palmer, M. & Schutte, P. (2003). The H-Metaphor as a guideline for vehicle automation and interaction. *NASA/TM - 2003-212672*.
- Flemisch, F., Kelsch, J., Löper, C., Schieben, A. & Schindler, J. (2008). Automation spectrum, inner/outer compatibility and other potentially useful human factors concepts for assistance and automation. In *Human Factors for Assistance and Automation*. Maastricht: Shaker Publishing .
- Follmer, R., Gruschwitz, D., Jesske, B., Quandt, S., Lenz, B., Nobis, C. et al. (2010). *Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht Struktur-Aufkommen-Emissionen-Trends* (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Hrsg.). Bonn, Berlin: infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institut für Verkehrsforschung.
- Franz, B., Kauer, M., Blanke, A., Schreiber, M., Bruder, R. & Geyer, S. (2012). Comparison of Two Human-Machine-Interfaces for Cooperative Maneuver-Based Driving. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41 (1), 4192-4199.
- Franz, B., Kauer, M., Bruder, R. & Geyer, S. (2012). pieDrive – a New Driver-Vehicle Interaction Concept for Maneuver-Based Driving. In R. Toledo-Moreo, L. M. Bergasa & M. Á. Sotelo (Hrsg.), *Proceedings of the 2012 International IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops* (W2: Workshop on Human Factors in Intelligent Vehicles).

- Franz, B., Kauer, M., Schreiber, M., Blanke, A., Distler, S., Bruder, R. et al. (2011). Maneuver-Based Driving Today and in the Future - Development of a New Human-Machine Interface for Conduct-by-Wire. In *VDI-Bericht 2134: Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit* (Bd. 2134). Braunschweig.
- Franz, B., Schreiber, M., Kauer, M., Geyer, S. & Bruder, R. (2011). Konzeption eines kontaktanalogen Head-up-Displays für Fahrerassistenzsysteme am Beispiel von Conduct-by-Wire. In *Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und herstellungsprozess*. Chemnitz.
- Freudig, D. (2001). *Lexikon der Biologie. In fünfzehn Bänden*. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.
- Friedman, M. (1937). The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32 (200), 675–701.
- Geisser, S. & Greenhouse, S. W. (1958). An extension of Box's results on the use of the F-distribution in multivariate analysis. *The Annals of Mathematical Statistics*, 29 (3), 885–891.
- Geyer, S. (2013). *Entwicklung und Evaluierung eines kooperativen Entwicklung und Evaluierung eines kooperativen Interaktionskonzepts an Entscheidungspunkten für die teilautomatisierte, manöverbasierte Fahrzeugführung* (Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Bd. 770,). Düsseldorf (Dissertation).
- Geyer, S., Hakuli, S., Winner, H., Franz, B. & Kauer, M. (2011). Development of a cooperative system behavior for a highly automated vehicle guidance concept based on the Conduct-by-Wire principle. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE* (S. 411-416). BadenBaden: IEEE.
- Geyer, S., Hakuli, S., Winner, H., Franz, B. & Kauer, M. Ermittlung der Anforderungen an die Umfelderkennung für Conduct-by-Wire. In *5. Tagung Fahrerassistenz: Schwerpunkt Vernetzung* .
- Geyer, S., Karg, M., Hakuli, S., Winner, H., Franz, B. & Kauer, M. (2012). Temporal Analysis of the Gate Concept as Enabler for Highly Automated Driving based on the Conduct-by-Wire Approach. In IEEE (Hrsg.), *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - (ITSC 2012)*. Anchorage, USA.

-
- Geyer, S., Karg, M., Hakuli, S., Winner, H., Franz, B. & Kauer, M. Temporal Analysis of the Gate Concept as Enabler for Highly Automated Driving based on the Conduct-by-Wire Approach. In *2012 IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems ITSC* .
- Goetz, P. W. (Hrsg.). (2010). *The new encyclopaedia Britannica: in 32 volumes. The index: A-K* (15. ed.). Chicago u.a: Encyclopaedia Britannica.
- Gong, Y. (1995). Speech recognition in noisy environments: A survey. *Speech Communication*, 16 (3), 261–291.
- Hakuli, S., Bruder, R., Flemisch, F., Löper, C., Rausch, H., Schreiber, M. et al. (2009). Kooperative Automation. In H. Winner, S. Hakuli & G. Wolf (Hrsg.), *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort* (1. Aufl., S. 647-656). Wiesbaden (Ger.): Vieweg Teubner.
- Hakuli, S., Geyer, S., Winner, H. & Henning, J. (2011a). Integrated Concept for Maneuver-based Driver Assistance. *ATZ worldwide*, 03/2011, 220-223.
- Hakuli, S., Geyer, S., Winner, H. & Henning, J. (2011b). Integriertes Konzept für die manöverbasierte Fahrerassistenz. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 03/2011, 220-223.
- Hakuli, S., Kluin, M., Geyer, S. & Winner, H. (2010). Development and Validation of Manoeuvre-Based Driver Assistance Functions for Conduct-by-Wire with IPG CarMaker. In *FISITA 2010 World Automotive Congress. 30 May-4 June, Budapest, Hungary : proceedings*. Budapest, Hungary: FISITA.
- Hakuli, S., Kluin, M., Geyer, S., Winner, H., Kauer, M. & Schreiber, M. (2010). Systematic Development of Manoeuvre-Based Driver Assistance Functions for Conduct-by-Wire with IPG CarMaker. In *Apply & Innovate 2010*. Karlsruhe.
- Hassenzahl, M., Burmester, M. & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In G. Szwillus & J. Ziegler (Hrsg.), *Mensch & Computer 2003* (S. 187–196). Springer.
- Hesse, D. (2011). *Definition und Implementierung von Referenzszenarien für die Evaluation von Fahrerassistenzsystemen am Beispiel Conduct-by-Wire*. Studienarbeit, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Israel, B. (2012). *Potenziale eines kontaktanalogen Head-up Displays für den Serieneinsatz*. Dissertation, Technische Universität München. München.

-
- Juang, B. H. (1991). Speech recognition in adverse environments. *Computer Speech & Language*, 5 (3), 275–294.
- Kauer, M., Franz, B., Schreiber, M., Bruder, R. & Geyer, S. (2012). User Acceptance of Cooperative Maneuver-Based Driving - A Summary of Three Studies. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41 (1), 4258-4264.
- Kauer, M., Schreiber, M. & Bruder, R. (2010). How to conduct a car? A design example for maneuver based driver-vehicle interaction. In *2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (S. 1214-1221). IEEE.
- Kauer, M., Schreiber, M., Franz, B., Hakuli, S., Geyer, S., Eggers, D. et al. (2011). Nutzungsszenarien der manöverbasierten Fahrzeugführung. In *Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und herstellungsprozess* (S. 809-812). Chemnitz.
- König, C. (2012). *Analyse und Anwendung des menschenzentrierten Gestaltungsprozesses zur Entwicklung von Human-Machine-Interfaces im Arbeitskontext am Beispiel Flugsicherung*. Dissertation, TU Darmstadt. Darmstadt.
- Kraiss, K. & Schmidtke, H. (2002). Funktionsteilung Mensch-Maschine. In Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Hrsg.), *Handbuch der Ergonomie: Erg.-Lfg. 7*. München: Carl Hanser.
- Landau, K. (2002). The development of driver assistance systems following usability criteria. *Behaviour Information Technology*, 21 (5), 341-344.
- Lilliefors, H. W. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62 (318), 399–402.
- Luczak, H. (1975). *Untersuchungen informatorischer Belastung und Beanspruchung des Menschen* (Fortschrittberichte der VDI-Zeitschriften). Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Mann, H. B. & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18 (1), 50–60.
- Mauchly, J. W. (1940). Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11 (2), 204–209.
- McCrum-Gardner, E. (2008). Which is the correct statistical test to use? *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46 (1), 38–41.

-
- Meissner, D. (2013). Interaktion. In A. M. Gressner & T. Arndt (Hrsg.), *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage; Online-Edition, S. 729). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*: W H Freeman Limited.
- Norman, D. A. (1990). The 'problem' with automation: inappropriate feedback and interaction, not 'over-automation'. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 327 (1241), 585–593.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. & Wickens, C. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 30 (3), 286–297.
- Price, H. E. (1985). The Allocation of Functions in Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 27 (1), 33–45.
- Rassl, R. (2004). *Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw. Systemergonomische Analyse und Prognose*. Dissertation, Technische Universität München. München.
- Riener, A. & Wintersberger, P. (2011). Natural, intuitive finger based input as substitution for traditional vehicle. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (S. 159–166). Salzburg, Austria: ACM.
- Sacher, H. (2008). *Gesamtheitliche Analyse des Bedienverhaltens von Fahrzeugfunktionen in der täglichen Nutzung*. Dissertation, Technische Universität München. München.
- Schaefer, M. (2012). *Wörterbuch der Ökologie* (5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage; Online-Ausgabe). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Schmidt, M. G. (2004). *Wörterbuch zur Politik* (2., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Kröner.
- Schnatterly, S. E. (1994). Interaction of Solids with Particles and Radiation. In G. L. Trigg (Hrsg.), *Encyclopedia of applied physics* (S. 117–131). New York, Weinheim: Wiley-VCH.
- Schneid, M. (2009). *Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-up-Displays im Fahrzeug*. Dissertation, Technische Universität München. München.

-
- Schreiber, M. (2012). *Konzeptionierung und Evaluierung eines Ansatzes zu einer manöverbasierten Fahrzeugführung im Nutzungskontext Autobahnfahrten*. Dissertation, TU Darmstadt.
- Schreiber, M., Kauer, M. & Bruder, R. (2009). Conduct by Wire - Maneuver Catalog for Semi-Autonomous Vehicle Guidance. In *Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE : Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE* (S. 1279–1284).
- Schreiber, M., Kauer, M., Hakuli, S. & Bruder, R. (2010). Conduct-by-Wire: Evaluation von teilautonomer Fahrzeugführung mit Hilfe der Wizard of Oz-Technik. In *Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten* (S. 161-165). Dortmund: GfA-Press.
- Schreiber, M., Kauer, M., Schlesinger, D., Hakuli, S. & Bruder, R. (2010). Verification of a Maneuver Catalog for a Maneuver-Based Vehicle Guidance System. In *Systems Man and Cybernetics (SMC)* (S. 3683–3689). Istanbul.
- Sheridan, T. B. (2001). Ruminations on automation, 1998. *Annual Reviews in Control*, 25 (0), 89–97.
- Sheridan, T. B. (2006). Supervisory Control. In *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (S. 1025–1052). John Wiley & Sons, Inc.
- Sodnik, J., Dicke, C., Tomažič, S. & Billingham, M. (2008). A user study of auditory versus visual interfaces for use while driving. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66 (5), 318–332.
- Stapelkamp, T. (2007). *Screen- und Interfacedesign. Gestaltung und Usability für Hard- und Software*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Stevens, A., Qimby, A., Board, A., Kersloot, T. & Burns, P. (2002, 01. Januar). *Design guidelines for safety of in-vehicle information systems* (TRL Limited, Hrsg.).
- Student. (1908). The Probable Error of a Mean. *Biometrika*, 6 (1), 1–25.
- Takae, Y., Iwai, M., Kubota, M. & Watanabe, T. (2005). A Study of Drivers' Trust in a Low-Speed Following System. In R. Jurgen (Hrsg.), *Adaptive Cruise Control* (SAE-Progress in Technology Automotive Electronics Series, S. 41–45). Warrendale, USA.
- Tijerina, L., Kiger, S., Rockwell, T. H. & Wierwille, W. W. (1996). NHTSA heavy vehicle driver workload assessment final report supplement—Task 5: Heavy vehicle driver work-

-
- load assessment protocol (DOT HS 808 467). *Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, US Department of Transportation.*
- UNECE. (1968). *Convention on Road Traffic*, Wien.
- Weinberger, M., Winner, H. & Bubb, H. (2001). Adaptive cruise control field operational test - the learning phase. *JSAE Review*, 22 (4), 487–494.
- Weiss, J. & Kilian, U. (Hrsg.). (2003). *Der Brockhaus Naturwissenschaft und Technik. 2 - Ge bis Pg*. Mannheim, Heidelberg: F.A. Brockhaus; Spektrum Akademischer Verlag.
- Wierwille, W. W. (1993). An initial model of visual sampling of in-car displays and controls. In Gale, Alastair G. , Applied Vision Association (Hrsg.), *Vision in Vehicles-IV. Proceedings of the Fourth International Conference on Vision in Vehicles* (S. 271–280). Amsterdam, New York: Elsevier Science Publishers.
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics bulletin*, 1 (6), 80–83.
- Wilcoxon, F. (1947). Probability tables for individual comparisons by ranking methods. *Biometrics*, 3 (3), 119–122.
- Winner, H. & Hakuli, S. (2006). Conduct-by-Wire-Following a New Paradigm for Driving into the Future. In *Proceedings of FISITA World Automotive Congress, Yokohama* .
- Winner, H. & Heuss, O. (2005). X-by-Wire Betätigungselemente-Überblick und Ausblick. In *Darmstädter Kolloquium Mensch und Fahrzeug. Cockpits für Straßenfahrzeuge der Zukunft* (S. 79–115).
- Winner, H. (2009). Sind Fahrerassistenzsysteme noch aktuell? *Automobil Technische Zeitschrift* (7), 487.
- Winner, H., Hakuli, S., Bruder, R., Konigorski, U. & Schiele, B. (2006). Conduct-by-Wire - ein neues Paradigma für die Weiterentwicklung der Fahrerassistenz. In C. Stiller (Hrsg.), *4. Workshop Fahrerassistenzsysteme 2006* (S. 112–125). Karlsruhe.
- Wolf, H., Zöllner, R. & Bubb, H. (2005a). Ergonomische Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion bei gleichzeitig agierenden Fahrerassistenzsystemen/Ergonomic aspects of man-machine-interface when driver assistance systems are operating concurrently. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 51 (3).

Wolf, H., Zöllner, R. & Bubb, H. (2005b). Ergonomischer Lösungsansatz für die gleichzeitige Rückmeldung von Fahrerassistenzsystemen. In *Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz* .

Wu, Z., Liu, Y. & Pan, G. (2009). A Smart Car Control Model for Brake Comfort Based on Car Following. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 10 (1), 42–46.

Normen

BS ISO 15622 (2010): Intelligent transport systems - Adaptive cruise control systems - Performance requirements and test procedures. Beuth Verlag GmbH.

BS ISO 17387 (2008): Intelligent transport systems. Lane change decision aid systems (LCDAS). Performance requirements and test procedures. Beuth Verlag GmbH.

BS ISO 22179 (2009): Intelligent transport systems. Full speed range adaptive cruise control (FSRA) systems Performance requirements and test procedures. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-210 (2011): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-303 (2012): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-400 (2007): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-410 (2012): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-420 (2011): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 420: Auswahlverfahren für physikalische Eingabegeräte. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 9241-110 (2008): Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 15005 (2003): Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen - Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 15006 (2012): Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Verkehrsinformations- und Assistenzsystemen - Anforderungen und Konformitätsverfahren für die Ausgabe auditiver Informationen im Fahrzeug. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 15008 (2011): Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen - Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug. Beuth Verlag GmbH.

DIN EN ISO 17287 (2003): Straßenfahrzeuge - Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen - Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeugs. Beuth Verlag GmbH.

Patente

Franz, B., Kauer, M. & Thom, S. (2012). Technische Universität Darmstadt; Karolinenplatz 5, 64283 Darmstadt, Deutschland (Anmelder), EP12169957.3.

Internetquellen

Apple, Kaltenbrunner, M. (Mitarbeiter). (2012). *TuioPad App*. Zugriff am 11.11.2013. Verfügbar unter <https://itunes.apple.com/us/app/tuiopad/id412446962>

Google Maps. (2013). *Kreuzung in Gründau Lieblos*. Zugriff am 11.11.2013. Verfügbar unter <https://maps.google.de/maps/myplaces?ll=50.207171,9.142425&spn=0.001557,0.004128&gl=de&ctz=-60&t=h&z=19>

i.computer-bild.de. (2013). *Abbildung eines Touchpads auf der Oberfläche des Dreh-Drückstellers zur Eingabe von Schrift und Zahlen in einem Audi A3*. Zugriff am 15.12.2013. Verfügbar unter <http://i.computer-bild.de/imgs/5/0/9/8/5/4/9/Audi-Touchpad-360x214-aad0ab84d4052bc0.jpg>

support.lenovo.com. (2013). *Abbildung eines Trackpoints auf der Tastatur eines IBM-Computers*. Zugriff am 15.12.2013. Verfügbar unter http://support.lenovo.com/ContentResources/Migrated%20Assets/pc/support/site_wss/14288_classicdome.jpg

tuio.org, Kaltenbrunner, M. (Mitarbeiter). (2013). *TUIO 1.1 Protocol Specification*. Zugriff am 11.11.2013. Verfügbar unter <http://www.tuio.org/?specification>

upload.wikimedia.org. (2013). *Abbildung eines Analog-Sticks eines GameCube Spielecontrollers*. Zugriff am 15.12.2013. Verfügbar unter http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/GameCube_Analog_Stick.jpg

www.ace-online.de. (2013). *Abbildung eines Dreh-Drückstellers eines Mercedes B 200 CDI*. Zugriff am 15.12.2013. Verfügbar unter http://www.ace-online.de/fileadmin/user_uploads/Der_Club/Bilder/Lenkrad/Autotests/Vergleichstest/2012/04.2012_Mercedes_B-Klasse_vs._Ford_C-Max/Mercedes-B200_Knopf.jpg

www.handelsblatt.com. (2013). *Abbildung eines Touchpads zur Eingabe von Schrift und Zahlen sowie zum Steuern des Infotainmentsystems in einer Mercedes C-Klasse*. Zugriff am 15.12.2013. Verfügbar unter http://www.handelsblatt.com/images/ampnet_photo_20131021_069665/8967374/2-format3.jpg

Studentische Arbeiten

Amrhein, M. (2013). *Erweiterung der Conduct-by-Wire Manöverschnittstelle um ein aktives Lenkrad*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

Blanke, A. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines neuartigen Fahrer-Fahrzeug-Interaktionskonzepts auf Basis einer berührungssensitiven Oberfläche für das Fahrzeugführungsparadigma Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

Buhle, K. S. (2012). *Anpassung eines Fahrsimulatorszenarios für die Evaluation von Fahrerassistenzsystemen am Beispiel Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

Czajkowski, S. (2012). *Entwicklung eines Versuchskonzepts zur Überprüfung der kooperativen manöverbasierten Fahrzeugführung in Langzeitstudien*. Diplomarbeit, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

-
- Engeroff, M. (2012). *Weiterentwicklung und Evaluation von innovativen Fahrerassistenzfunktionen für das Fahrzeugführungsparadigma Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Gehrmann, P. (2013). *Technische Implementierung und Erprobung von Messmethoden für die Evaluation des manöverbasierten Fahrzeugführungskonzepts Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Hesse, D. (2011). *Definition und Implementierung von Referenzszenarien für die Evaluation von Fahrerassistenzsystemen am Beispiel Conduct-by-Wire*. Studienarbeit, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Krasni, A. (2012). *Entwicklung und Implementierung eines Fahrsimulatorszenarios für die Evaluation von Fahrerassistenzsystemen am Beispiel Conduct-by-Wire*. Masterthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Kraus, S. M. (2013). *Bewertung der Fahrer-Fahrzeug-Interaktion beim Fahren hochautomatisierter manöverbasierter Fahrzeuge am Beispiel Conduct-by-Wire*. Masterthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Kreklow, D. (2013). *Durchführung von Vorversuchen und Methodenüberarbeitung für Conduct-by-Wire am IAD-Fahrsimulator*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Menk, J. (2012). *Entwicklung und Evaluierung eines kontaktanalogen Head-up-Displays für den IAD-Fahrsimulator*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Schaffner, S. (2012). *Weiterentwicklung und Evaluierung eines kontaktanalogen Head-up-Displays für den IAD-Fahrsimulator*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Schönfeld, V. (2012). *Recherche und Entwicklung eines Evaluationskonzepts für die Interaktion mit dem manöverbasierten Fahrzeugführungskonzept Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Thom, S. (2012). *Entwicklung und Evaluation eines neuartigen Fahrer-Fahrzeuginteraktionskonzepts auf Basis einer berührungssensitiven Oberfläche für das Fahrzeugführungsparadigma Conduct-by-Wire*. Studienarbeit, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

-
- Umar, F. S. (2012). *Vergleichsstudie von drei Interaktionskonzepten für die hochautomatisierte Fahrzeugführung Conduct-by-Wire*. Studienarbeit, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Vey, C. (2013). *Weiterentwicklung und Evaluierung eines kontaktanalogen Head-up-Displays für den IAD-Fahrsimulator*. Masterthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Wiest, M. (2014). *Bewertung des Systemvertrauens beim Fahren hochautomatisierter manöverbasierter Fahrzeuge am Beispiel Conduct-by-Wire*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.
- Wolfsheim, N. (2012). *Der Einfluss manöverbasierter Fahrzeugführung auf die Selbstwahrnehmung des Fahrers*. Bachelorthesis, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt.

Anhang A Zusammenfassung der Gestaltungsempfehlungen und Bewertungsmessgrößen für die Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug

In der nachfolgenden Tabelle sind die in Kapitel 2.2.2.1 abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen und Bewertungsmessgrößen für die Interaktion und Interaktionskonzepte im Fahrzeug zusammenfassend in einer Tabelle dargestellt. Die Tabelle ist hierbei nach den in Kapitel 2.2.2.1 identifizierten Bewertungsbereichen sortiert, wobei in jedem Bereich zuerst die Gestaltungsempfehlungen und anschließend die Messgrößen genannt werden.

Bereich	Gestaltungsempfehlung (G) / Messgröße (M) / Voraussetzung (V)	Quelle
Aufgabengemessenheit	Fahrer hat alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs	G (UNECE, 1968)
	Nur für Aufgabe benötigte Informationen werden angezeigt	G (DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 15005)
	Flache Menühierarchie mit wenigen Auswahlmöglichkeiten	G (Stevens et al., 2002), (European Commission, 2008)
	Form der Ein- und Ausgabe ist an Aufgabe (z.B. Nutzungsumgebung) angepasst	G (DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 9241-400), (DIN EN ISO 15005), (DIN EN ISO 15005)
	Typische Eingabewerte sind voreingestellt	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Dialogschritte passen zum Arbeitsablauf	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Keine unnötigen Dialogschritte vorhanden	G (DIN EN ISO 9241-110)
	Hohes Situationsbewusstsein	G (Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 17287), (ACEA, 2009)
	Kontrastverhältnis von mindestens 3:1 (empfohlen 5:1)	G (Stevens et al., 2002)
	Bild flackert nicht (Bildwiederholungsrate mindestens 90Hz)	G (Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 15008)
	Blinkende Darstellung nur zum Lenken der Aufmerksamkeit (1/3Hz bis 1Hz bei lesbarem Inhalt, 1Hz bis 5Hz bei nicht lesbarem Inhalt)	G (DIN EN ISO 15008)
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind während der Fahrt unzugänglich	G (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (DIN EN ISO 15005)
	Schriftarten ohne Serifen (empfohlen: Arial, Helvetica)	G (Stevens et al., 2002)
	Vermeidung von rot/grün, blau/gelb	G (Stevens et al., 2002)
	Akustische Anzeige: nur, wenn Aufmerksamkeit erregt werden soll und Informationsmenge klein	G (Stevens et al., 2002)
	Akustische Anzeigen mit optischen kombinieren	G (Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 15006)
	Sicherheitskritische Informationen dürfen nicht nur akustisch angezeigt werden	G (DIN EN ISO 15006)
	Akustische Anzeigen müssen verstanden werden	G (Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 15006)

	(50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)		
	Akustische Anzeigen dürfen wichtige Umgebungsgeräusche nicht überdecken. (50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Akustische Anzeigen dürfen nicht erschrecken	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (DIN EN ISO 15006)
	Head-up-Displays dürfen wichtige Umgebungsinformationen nicht überdecken	G	(Stevens et al., 2002)
	Nur wenige Informationen in Head-up-Displays	G	(Stevens et al., 2002)
	Keine Touchscreens einsetzen	G	(Stevens et al., 2002)
	Sicherheitskritische Rückmeldungen werden priorisiert	G	(European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15005)
	Anzahl der Schaltflächenbetätigungen	M	(Stevens et al., 2002)
	Anzahl der erfolgreichen Aufgaben; Grad der Aufgabenerfüllung	M	(Stevens et al., 2002), (ACEA, 2009)
	Aufgabenbearbeitungszeit	M	(Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 17287), (ACEA, 2009)
	Frequenz der Interaktion	M	(ACEA, 2009)
	Blickverhalten (mittlere und maximale Blickdauer [auf Eingabegerät: maximal 1,5s; 20s bis Aufgabenerfüllung], Blickabwendungszeit von Straße, Blickfrequenz zum Gerät)	M	(Stevens et al., 2002), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 17287), (ACEA, 2009), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Reaktionszeit nach bestimmten Ereignissen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der lateralen Position im Fahrstreifen	M	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (DIN EN ISO 17287)
	Veränderung der Anzahl der ungeplanten Fahrstreifenverlassungen	M	(Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 17287)
	Veränderung der Anzahl der Lenkumkehrungen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Standardabweichung des Lenkwinkels	M	(DIN EN ISO 17287)
	Lenkamplitude	M	(DIN EN ISO 17287)
	Lenkrückstellrate	M	(DIN EN ISO 17287)
	Veränderung der Lenkentropie	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Geschwindigkeitsentropie	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der (mittleren) Fahrzeuggeschwindigkeit	M	(Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 17287)
	Veränderung des (minimalen) Abstands / der Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug	M	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (DIN EN ISO 17287)
	Veränderung der Zeit bis zu einer Kollision	M	(Stevens et al., 2002)
Selbstbeschreibungsfähigkeit	Fahrer hat Wissen zum Führen des Fahrzeugs bzw. es wird ihm vermittelt.	G	(UNECE, 1968)
	Angezeigte Informationen leiten zum erfolgreichen Dialogende	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 15005)
	Notwendigkeit von Benutzerhandbüchern und externen Informationen ist minimiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verwendung von Eingabegerät ist eindeutig	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind als solche gekenn-	G	(Stevens et al., 2002)

	zeichnet		
	Anzahl der Fehler	M	(Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 17287)
Erwartungskonformität	Vokabular, Akronyme, Formulierungen des Nutzers verwenden	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15006), (DIN EN ISO 15005), (ACEA, 2009)
	Bekannte Symbole verwenden	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15005)
	Bekannte Farbcodierungen verwenden	G	(Stevens et al., 2002)
	Maximal 5 verschiedene Farben einsetzen	G	(Stevens et al., 2002)
	Farben werden konsistent eingesetzt	G	(Stevens et al., 2002)
	Informationen nutzergerecht strukturieren	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002)
	Informationen einfach darstellen	G	(Stevens et al., 2002), (DIN EN ISO 15005)
	Numerische Informationen werden in verständlichen Einheiten angezeigt	G	(Stevens et al., 2002)
	Informationen sind inhaltlich korrekt	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Informationen objektiv formulieren	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Dialogverhalten und Informationsdarstellung ist konsistent	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 9241-400), (DIN EN ISO 15006), (DIN EN ISO 15005)
	Systemrückmeldungen erfolgen unmittelbar (maximal nach 250ms).	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Systemrückmeldungen erfolgen rechtzeitig	G	(DIN EN ISO 9241-400), (European Commission, 2008)
	Systemrückmeldungen erfolgen ausreichend lange	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15006), (ACEA, 2009)
	Nutzer werden über längere Wartezeiten informiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät / System ist vorhersehbar	G	(DIN EN ISO 9241-400), (ACEA, 2009)
	Eingabegerät wird konsistent verwendet	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Gängige Richtungskonventionen sind eingehalten	G	(Stevens et al., 2002)
Maximal zwei Schriftarten	G	(Stevens et al., 2002)	
Lernförderlichkeit	Lernförderliche Systemregeln und –konzepte sind für Nutzer zugänglich	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Besondere Unterstützung bei seltenen Dialogen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Arbeitsaufgabe mit minimalem Lernaufwand ausführbar. Erweiterte Optionen bei Bedarf.	G	(DIN EN ISO 9241-110)
Steuerbarkeit	Fahrer hat jederzeit Kontrolle über Fahrzeug	G	(UNECE, 1968)
	Interaktion mit dem Fahrzeug jederzeit möglich	G	(UNECE, 1968)
	Nutzer bestimmt Dialoggeschwindigkeit (gilt nicht für Informationen, die direkten Bezug zur Verkehrssituation haben)	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15005)
	Nutzer kann Dialog unterbrechen und später fortsetzen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15005)

	Jedes Ein- und Ausgabegerät ist nutzbar	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät ist jederzeit ansprechbar	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Leistung beim Erfüllen einer Nebenaufgabe	M	(Stevens et al., 2002)
Fehlertoleranz	Nutzer bei Fehlererkennung unterstützen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 15005)
	Nutzer bei Fehlerbehebung unterstützen	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 15005)
	Keine Nutzerhandlung führt zu undefiniertem Systemzustand	G	(DIN EN ISO 9241-110), (DIN EN ISO 15005)
	Nutzer wird über automatische Fehlerkorrektur informiert	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Nutzer kann automatische Fehlerkorrektur rückgängig machen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät ist zuverlässig	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Spracherkennungen müssen mindestens eine Erkennungsleistung von 98% haben	G	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Anzahl der kritischen Situationen	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Anzahl der Unfälle	M	(Stevens et al., 2002)
	Veränderung der Aufprallgeschwindigkeit bei Unfällen	M	(Stevens et al., 2002)
Individualisierbarkeit	System anpassbar an Kultur des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	System anpassbar an Sprache des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	System anpassbar an Kenntnisse des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Geschwindigkeit dynamischer Eingaben ist anpassbar	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verschiedene Dialogtechniken stehen zur Verfügung	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Verschiedene Interaktionsmethoden stehen zur Verfügung	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Nutzer kann Dialogschritte anpassen	G	(DIN EN ISO 9241-110)
	Eingabegerät für Nutzer angemessen	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Nicht sicherheitsrelevante Informationen sind abschaltbar	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Lautstärke akustischer Anzeigen ist wählbar	G	(European Commission, 2008)
Beanspruchung	Fahrer hat mentale Verfassung zum Führen des Fahrzeugs	V	(UNECE, 1968)
	Psychophysiologische Messungen	M	(Stevens et al., 2002)
	Beeinträchtigung des Fahrers niedrig	G	(DIN EN ISO 17287)
Positionierung	Position des Eingabegeräts behindert eigenen Gebrauch nicht	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Position des Eingabegeräts minimiert biomechanische Belastung des Nutzers	G	(DIN EN ISO 9241-400)
	Eingabeelemente sind einfach zu erreichen	G	(Stevens et al., 2002)
	Wichtige Bedienelement am einfachsten zu erreichen	G	(Stevens et al., 2002)
	Unbeabsichtigte Bedienung wird vermieden	G	(Stevens et al., 2002)

	Keine anderen Bedien- und Anzeigeelemente werden verdeckt	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Bei der Bedienung werden keine Anzeigeelemente verdeckt	G	(Stevens et al., 2002)
	Optische Anzeigen möglichst nahe an gerader Sichtlinie des Fahrers	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Optische Anzeigen (außer Head-up-Displays) nicht im primären Sichtfeld des Fahrers	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008)
	Anzeige wichtiger Informationen innerhalb von 15° horizontal und vertikal	G	(Stevens et al., 2002)
	Anzeige von Informationen innerhalb von 30° horizontal und vertikal	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006)
	Keine Blendungen und Reflexionen	G	(Stevens et al., 2002), (Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15008)
	Kein Übertragen von Fahrzeugvibrationen	G	(Stevens et al., 2002)
	Eine Hand am Lenkrad	G	(Driver Focus-Telematics Working Group, 2006), (European Commission, 2008), (DIN EN ISO 15005)
Akzeptanz	Usability- und Brauchbarkeitsbewertung	M	(Stevens et al., 2002)

Anhang B Checkliste zur Überprüfung der Gestaltungsempfehlungen

Bereich	Gestaltungsempfehlung	Erfüllt?
Aufgabengemessenheit	Fahrer hat alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs	
	Nur für Aufgabe benötigte Informationen werden angezeigt	
	Flache Menühierarchie mit wenigen Auswahlmöglichkeiten	
	Form der Ein- und Ausgabe ist an Aufgabe (z.B. Nutzungsumgebung) angepasst	
	Typische Eingabewerte sind voreingestellt	
	Dialogschritte passen zum Arbeitsablauf	
	Keine unnötigen Dialogschritte vorhanden	
	Hohes Situationsbewusstsein	
	Kontrastverhältnis von mindestens 3:1 (empfohlen 5:1)	
	Bild flackert nicht (Bildwiederholungsrate mindestens 90Hz)	
	Blinkende Darstellung nur zum Lenken der Aufmerksamkeit (1/3Hz bis 1Hz bei lesbarem Inhalt, 1Hz bis 5Hz bei nicht lesbarem Inhalt)	
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind während der Fahrt unzugänglich	
	Schriftarten ohne Serifen (empfohlen: Arial, Helvetica)	
	Vermeidung von rot/grün, blau/gelb	
	Akustische Anzeige: nur, wenn Aufmerksamkeit erregt werden soll und Informationsmenge klein	
	Akustische Anzeigen mit optischen kombinieren	
	Sicherheitskritische Informationen dürfen nicht nur akustisch angezeigt werden	
	Akustische Anzeigen müssen verstanden werden (50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)	
	Akustische Anzeigen dürfen wichtige Umgebungsgeräusche nicht überdecken. (50dB(A) – 90dB(A) bei 500Hz – 4000Hz)	
	Akustische Anzeigen dürfen nicht erschrecken	
Head-up-Displays dürfen wichtige Umgebungsinformationen nicht überdecken		
Nur wenige Informationen in Head-up-Displays		
Keine Touchscreens einsetzen		
Sicherheitskritische Rückmeldungen werden priorisiert		
Selbstbeschreibbarkeit	Fahrer hat Wissen zum Führen des Fahrzeugs bzw. es wird ihm vermittelt.	
	Angezeigte Informationen leiten zum erfolgreichen Dialogende	
	Notwendigkeit von Benutzerhandbüchern und externen	

	Informationen ist minimiert	
	Verwendung von Eingabegerät ist eindeutig	
	Funktionen, die nur für die Benutzung im stehenden Fahrzeug gedacht sind, sind als solche gekennzeichnet	
Erwartungskonformität	Vokabular, Akronyme, Formulierungen des Nutzers verwenden	
	Bekannte Symbole verwenden	
	Bekannte Farbcodierungen verwenden	
	Maximal 5 verschiedene Farben einsetzen	
	Farben werden konsistent eingesetzt	
	Informationen nutzergerecht strukturieren	
	Informationen einfach darstellen	
	Numerische Informationen werden in verständlichen Einheiten angezeigt	
	Informationen sind inhaltlich korrekt	
	Informationen objektiv formulieren	
	Dialogverhalten und Informationsdarstellung ist konsistent	
	Systemrückmeldungen erfolgen unmittelbar (maximal nach 250ms).	
	Systemrückmeldungen erfolgen rechtzeitig	
	Systemrückmeldungen erfolgen ausreichend lange	
	Nutzer werden über längere Wartezeiten informiert	
	Eingabegerät / System ist vorhersehbar	
	Eingabegerät wird konsistent verwendet	
	Gängige Richtungskonventionen sind eingehalten	
Maximal zwei Schriftarten		
Lernförderlichkeit	Lernförderliche Systemregeln und –konzepte sind für Nutzer zugänglich	
	Besondere Unterstützung bei seltenen Dialogen	
	Arbeitsaufgabe mit minimalem Lernaufwand ausführbar. Erweiterte Optionen bei Bedarf.	
Steuerbarkeit	Fahrer hat jederzeit Kontrolle über Fahrzeug	
	Interaktion mit dem Fahrzeug jederzeit möglich	
	Nutzer bestimmt Dialoggeschwindigkeit (gilt nicht für Informationen, die direkten Bezug zur Verkehrssituation haben)	
	Nutzer kann Dialog unterbrechen und später fortsetzen	
	Jedes Ein- und Ausgabegerät ist nutzbar	
	Eingabegerät ist jederzeit ansprechbar	
Fehlertoleranz	Nutzer bei Fehlererkennung unterstützen	
	Nutzer bei Fehlerbehebung unterstützen	
	Keine Nutzerhandlung führt zu undefiniertem Systemzustand	
	Nutzer wird über automatische Fehlerkorrektur informiert	
	Nutzer kann automatische Fehlerkorrektur rückgängig machen	
	Eingabegerät ist zuverlässig	

	Spracherkennungen müssen mindestens eine Erkennungsleistung von 98% haben	
Individualisierbarkeit	System anpassbar an Kultur des Nutzers	
	System anpassbar an Sprache des Nutzers	
	System anpassbar an Kenntnisse des Nutzers	
	Geschwindigkeit dynamischer Eingaben ist anpassbar	
	Verschiedene Dialogtechniken stehen zur Verfügung	
	Verschiedene Interaktionsmethoden stehen zur Verfügung	
	Nutzer kann Dialogschritte anpassen	
	Eingabegerät für Nutzer angemessen	
	Nicht sicherheitsrelevante Informationen sind abschaltbar	
	Lautstärke akustischer Anzeigen ist wählbar	
Positionierung	Position des Eingabegeräts behindert eigenen Gebrauch nicht	
	Position des Eingabegeräts minimiert biomechanische Belastung des Nutzers	
	Eingabelemente sind einfach zu erreichen	
	Wichtige Bedienelement am einfachsten zu erreichen	
	Unbeabsichtigte Bedienung wird vermieden	
	Keine anderen Bedien- und Anzeigeelemente werden verdeckt	
	Bei der Bedienung werden keine Anzeigeelemente verdeckt	
	Optische Anzeigen möglichst nahe an gerader Sichtlinie des Fahrers	
	Optische Anzeigen (außer Head-up-Displays) nicht im primären Sichtfeld des Fahrers	
	Anzeige wichtiger Informationen innerhalb von 15° horizontal und vertikal	
	Anzeige von Informationen innerhalb von 30° horizontal und vertikal	
	Keine Blendungen und Reflexionen	
	Kein Übertragen von Fahrzeugvibrationen	
Eine Hand am Lenkrad		



Einführung

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



Studie zu Bedienelementen für CbW

Einführung (mündlich). Folgende Punkte ansprechen:

Versuchsablauf:

- Fragebogen zur Person und der Fahrerfahrung
- Hinweise zum Simulator
- Kalibrierung der Blickbewegung
- Durchführen der Versuchsfahrt
- Fragebogen über der Fahrt
- Wiederholung der Kalibrierung und der Fahrt für die zwei anderen Bedienelemente
- Abschlussfragebogen

Hinweise zu den Fragebögen:

- Daten werden anonym erfasst
- Es gibt kein richtig / falsch, es geht um die persönliche Einschätzung
- Instruktionen lesen! Einzelne Fragebögen kommen öfter im Bezug auf unterschiedliche Teilaspekte zum Einsatz!

Allgemeine Hinweise:

- Um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten bitte die Versuchsfahrten ernst nehmen und so fahren wie in der Realität
- Wenn möglich an das Rechtsfahrgebot halten
- Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs ist 140 km/h
- Das Fahrzeug schaltet automatisch. Blinken muss man ebenfalls nicht.
- Fragen können jederzeit gestellt werden.
- Probleme / Bedenken / Gedankengänge während des Versuchs bitte jederzeit äußern!
- Bitte frühzeitig darauf hinweisen wenn ein Schwindelgefühl einsetzt! (Simulatorkrankheit)

Wir danken Ihnen vielmals für Ihre Teilnahme!

**Fragebogen: Angaben zu Ihrer Person und Vorerfahrung****A.1. Angaben zu Ihrer Person**

A.1.I	Alter:	Jahre			
A.1.II	Geschlecht:	weiblich	<input type="checkbox"/>	männlich	<input type="checkbox"/>
A.1.III	Sind Sie...	rechtshändig	<input type="checkbox"/>	linkshändig	<input type="checkbox"/>
A.1.IV	Sind Sie rot-grün-blind?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
A.1.V	Welche gültige Fahrerlaubnis besitzen Sie?	Motorrad	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
		PKW	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
		LKW	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
		Bus	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
A.1.VI	Wie viele Kilometer sind Sie bisher gefahren?	0 - 50.000 km	<input type="checkbox"/>	100.000 – 250.000 km	<input type="checkbox"/>
		50.000 - 100.000 km	<input type="checkbox"/>	mehr als 250.000 km	<input type="checkbox"/>
A.1.VII	Wie viele Kilometer sind Sie im letzten Jahr gefahren?	0 – 5.000 km	<input type="checkbox"/>	30.000 – 40.000 km	<input type="checkbox"/>
		5.000 – 10.000 km	<input type="checkbox"/>	40.000 – 80.000 km	<input type="checkbox"/>
		10.000 – 20.000 km	<input type="checkbox"/>	80.000 – 160.000 km	<input type="checkbox"/>
		20.000 – 30.000 km	<input type="checkbox"/>	mehr als 160.000 km	<input type="checkbox"/>
A.1.VIII	Pendeln Sie täglich mit dem Auto zur Arbeit?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
A.1.IX	Haben Sie an vorhergehenden Versuchen zum Thema „Conduct-by-Wire“ teilgenommen?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>

A.2 Wie oft nutzen Sie die folgenden Fahrerassistenzsysteme?

		regel- mäßig	häufig	selten	noch nie	kenne ich nicht
A.2.I	Totwinkelwarner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.II	ACC (Adaptive Cruise Control)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.III	Tempomat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.IV	Lane Departure Warning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.V	Lane Keeping Support	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2.VI	Head-up-Display	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



A.3 Wie oft nutzen Sie die folgenden Geräte / Interaktionsmöglichkeiten?

		regel- mäßig	häufig	selten	noch nie	kenne ich nicht
A.3.I	Fahrsimulator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.II	Computerspiele mit Lenkrad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.III	Computerspiele mit anderen Bedienelementen (Maus, Tastatur, Controller)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.IV	Touchpads	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.V	Touchdisplays	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.3.VI	Gestensteuerung / Gestenerkennung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.4.VII	Smartphones (z.B. iPhone)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



CbW: Einführung

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



Angaben zum Umgang mit technischen Produkten

Der folgende Fragebogen enthält einige Fragen zu Ihrem Umgang mit und Ihrer persönlichen Einstellung zu technischen Systemen. Unter technischen Systemen verstehen wir in diesem Zusammenhang eine große Bandbreite an Produkten, angefangen von einem Telefon bis hin zu einem Computer. Bitte beantworten Sie die Fragen so spontan wie möglich. Wie alle anderen Daten des Versuchs wird die Auswertung dieses Fragebogens ausschließlich anonymisiert erfolgen.

PoC1 Auch wenn ich ein technisches System gut beherrsche, wünsche ich mir oftmals eine noch direktere Kontrolle.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC2 Es macht mir Spaß, Kontrolle über technische Systeme auszuüben.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC3 Ich mag es nicht, wenn jemand für mich die Bedienung von technischen Systemen übernimmt.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC4 Die Benutzung eines technisches Systems macht mir umso mehr Spaß, umso detaillierter ich die Umsetzung meiner Ziele in Angriff nehmen kann.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC5 Die Zwischenschritte bei der Benutzung eines technischen Systems sind mir egal. Ich möchte nur ein Endergebnis erzielen.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC6 Wenn ich könnte, würde ich alle automatischen Handlungen von technischen Systemen abschalten und sie selbst durchführen.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC7 Zu sehen, dass ich in der Lage bin ein technisches System zu beherrschen gibt mir ein gutes Gefühl.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu

PoC8 Ich nutze alle Gelegenheiten, um Kontrolle über technische Systeme auszuüben.

Trifft gar nicht zu Trifft voll zu



CbW: Einführung



Umgang mit Problemen bei technischen Geräten

Der folgende Fragebogen beschäftigt sich mit Ihrer Meinung zu Problemen im Umgang mit technischen Geräten. Dazu haben wir 8 Aussagen formuliert, die sie bejahen oder verneinen können, je nach Ihrer persönlichen Ansicht. Kreuzen Sie bitte das entsprechende Feld an, wichtig ist: Auch hier gibt es keine richtigen oder falschen Antworten, allein Ihre persönliche Meinung zählt! Mit „technischen Problemen“ sind hier Schwierigkeiten im Umgang mit den verschiedensten Geräten aus Alltag und Beruf gemeint, z.B. bei der:

- Programmierung des Videorekorders
- Arbeit mit dem Computer
- Bedienung einer Mikrowelle
- Aufstellung von Selbstmontagemöbeln
- Bedienung von Wasserhähnen in öffentliche Toiletten
- Lösung von Fahrkarten an Automaten

		Stimmt gar nicht	Stimmt meistens nicht	Stimmt eher nicht	Stimmt eher	Stimmt meistens	Stimmt absolut
1	Ich kann ziemlich viele der technischen Probleme, mit denen ich konfrontiert bin, allein lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Technische Geräte sind oft undurchschaubar und schwer zu beherrschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Es macht mir richtig Spaß, ein technisches Problem zu knacken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Weil ich mit bisherigen technischen Problemen gut zurecht gekommen bin, blicke ich auch künftigen optimistisch entgegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Ich fühle mich technischen Geräten gegenüber so hilflos, dass ich lieber die Finger von ihnen lasse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Auch wenn Widerstände auftreten, bearbeite ich ein technisches Problem weiter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Wenn ich ein technisches Problem löse, so geschieht dies meistens durch Glück.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Die meisten technischen Probleme sind so kompliziert, dass es wenig Sinn hat, sich mit ihnen auseinanderzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



CbW: Einführung

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder

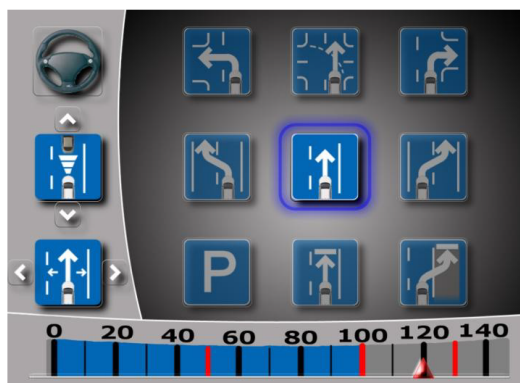


Conduct-by-Wire




- Conduct-by-Wire ist ein modernes Fahrer-Fahrzeug-Interaktionskonzept das mehrere Fahrerassistenzsysteme vereint.
- Der Fahrer kann dem Fahrzeug bestimmte Aufgaben, die sogenannten Fahrmanöver, übertragen. Diese werden dann vom Fahrzeug selbstständig ausgeführt. Ein Beispiel für eine solche Aufgabe ist das Manöver: „Wechsel auf den Fahrstreifen rechts vom Fahrzeug“.
- Anders als bei einem herkömmlichen Fahrzeug, können diese Manöver nicht mehr durch Lenkrad und Pedale an das Fahrzeug übergeben werden. Zur Interaktion mit dem *Conduct-by-Wire*-System stehen Ihnen deshalb alternative Bediensysteme zur Verfügung die nachfolgend beschrieben werden.
- Zusätzlich kann das Fahrzeug bei **deaktiviertem** *Conduct-by-Wire*-System auch traditionell mit Lenkrad und Pedalen gesteuert werden.
- Während der Fahrt ist sich das Fahrzeug über seine eigene Position auf der Straße und über andere Verkehrsteilnehmer bewusst. Geltende Geschwindigkeitsbegrenzungen werden selbstständig erkannt und beachtet. **Nicht erkannt werden allerdings Sondersituationen wie z.B. Baustellen.**
- Sollte die Verkehrssituation eine Manöverausführung zu dem aktuellen Zeitpunkt nicht zulassen (z.B. Wechsel auf einen Fahrstreifen auf dem ein Fahrzeug fährt), dann überprüft das System 10 Sekunden lang ob eine Ausführung möglich ist. Anschließend wird der Manöverwunsch verworfen und muss erneut vom Fahrer eingegeben werden.


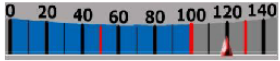
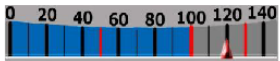


Bedienelement für Conduct-by-Wire: Haptisches Touchdisplay

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen die Fahrzeugführung mit dem *Conduct-by-Wire*-System erläutern. Auf dem Bild sehen Sie den Anzeigehalt des Touchdisplays. Dieser gliedert sich in die zwei Bereiche **Parameter** (hellgrau unterlegt; links und unten) und **Manöver** (dunkelgrau unterlegt).



Übersicht über die Parameter und Manöver:

<p>Aktivieren / Deaktivieren von <i>Conduct-by-Wire</i></p> 	<p>Über das Lenkradsymbol kann das <i>Conduct-by-Wire</i>-System jederzeit aktiviert und deaktiviert werden.</p> <p>Im deaktivierten Zustand sind alle Symbole, mit Ausnahme des Lenkrades, ebenfalls deaktiviert.</p> <p>Zusätzlich ist es möglich, die manuelle Steuerung durch Betätigung der Bremse oder einen Eingriff ins Lenkrad zu übernehmen.</p>
<p>Dem Straßenverlauf folgen</p> 	<p>Das Fahrzeug folgt dem Straßenverlauf auf dem aktuellen Fahrstreifen mit der vom Fahrer eingestellten Wunschgeschwindigkeit.</p> <p>Bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung wird automatisch die Geschwindigkeit vermindert und nach der Begrenzung wieder auf den Wunschwert beschleunigt. In Ausnahmefällen kann es sein, dass die Geschwindigkeitsbegrenzung nicht erkannt wird. Hier muss der Fahrer eingreifen.</p> <p>Nähert sich das eigene Fahrzeug einem langsameren vorausfahrenden Fahrzeug, wird die Geschwindigkeit automatisch vermindert.</p>
<p>Anfahren</p> 	<p>Dieses Symbol ist nur im Stillstand sichtbar. Bei Betätigung beschleunigt das Fahrzeug auf die eingestellte Wunschgeschwindigkeit (bzw. die zulässige Höchstgeschwindigkeit). Das Manöver geht automatisch in das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ über.</p>

<p>Fahrstreifenwechsel</p> 	<p>Das Fahrzeug wechselt, wenn die Verkehrssituation es erlaubt, vom aktuellen Fahrstreifen auf den benachbarten rechten bzw. linken Fahrstreifen und geht anschließend wieder in das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ über.</p> <p>Ist ein Wechsel aufgrund von Verkehr nicht möglich, überprüft das Fahrzeug 10 Sekunden lang ob der Wechsel möglich wird und führt ihn gegebenenfalls aus. Sollte innerhalb der 10 Sekunden kein Wechsel möglich sein, wird der Wechselwunsch verworfen.</p>
<p>Wunschgeschwindigkeit</p> 	<p>Während der Fahrt können Sie ihre gewünschte (maximale) Geschwindigkeit angeben, indem Sie den roten Marker auf dem Bandtacho des Touchdisplay verschieben. Soweit die Verkehrssituation es zulässt, beschleunigt das Fahrzeug anschließend auf die Wunschgeschwindigkeit. Auf dem Bild ist eine Wunschgeschwindigkeit von 120 km/h ausgewählt.</p>
<p>Fahrzeuggeschwindigkeit</p> 	<p>Die vom Fahrzeug gefahrene Geschwindigkeit lässt sich auf dem Touchdisplay über den blauen Balken ablesen. Auf dem Beispielbild erkennt man, dass das Fahrzeug 100 km/h fährt.</p>
<p>Wunschabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug</p> 	<p>Sie haben über eine Schaltfläche die Möglichkeit den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einzustellen. Fährt Ihnen das <i>Conduct-by-Wire</i>-System zu dicht auf einen Vorausfahrenden auf, können Sie dort die Einstellung ändern.</p>
<p>Position auf dem Fahrstreifen</p> 	<p>Darüber hinaus stellt das System die Möglichkeit zur Verfügung, die Position im Fahrstreifen bei aktiviertem <i>Conduct-by-Wire</i>-System einzustellen.</p>



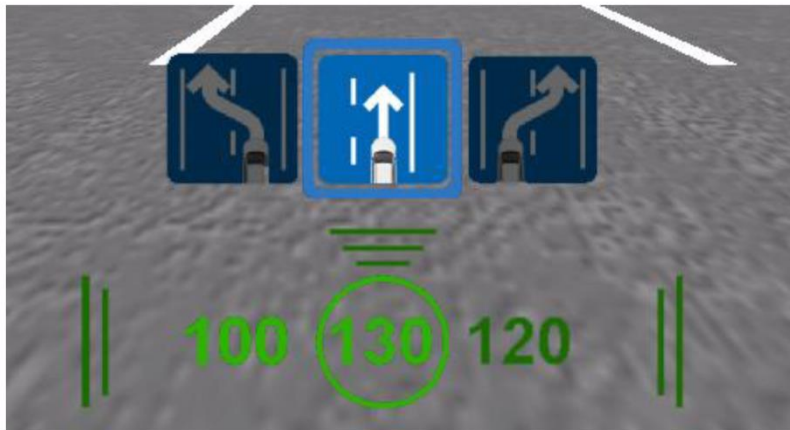
CbW-HUD: Einführung

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder






Head-up-Display für Conduct-by-Wire

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen das Head-up-Display erklären, das Sie beim Fahren unterstützt:



Übersicht über die dargestellten Inhalte:

Dem Straßenverlauf folgen 	Während dem Manöver wird im oberen Teil des <i>Head-up-Displays</i> das Icon „dem Straßenverlauf folgen“ eingeblendet.
Fahrstreifenwechsel 	Während ein Fahrstreifenwechsel durchgeführt wird, wird ausschließlich das Icon „Fahrstreifenwechsel links“ oder „Fahrstreifenwechsel rechts“ angezeigt. Sollte der Fahrstreifenwechsel aufgrund der Verkehrssituation nicht möglich sein, werden die Icons „dem Straßenverlauf folgen“ und „Fahrstreifenwechsel rechts“ bzw. „Fahrstreifenwechsel links“ eingeblendet. Kurz bevor der Wechselwunsch verworfen wird, fängt das <i>Fahrstreifenwechsel</i> -Icon an zu blinken.
Highlight des ausgeführten Manövers 	Das gerade ausgeführte Manöver wird mit einem blauen Kasten umrahmt.



CbW-HUD: Einführung



<p>Nicht aktive, aber auswählbare Manöver</p> 	<p>Ein beauftragbares Manöver wird dunkler und transparenter dargestellt als ein aktives Manöver.</p> <p>Z.B. ist auf dem Beispielbild das Manöver „Fahrstreifenwechsel rechts“ beauftragbar. Das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ wird gerade ausgeführt.</p>
<p>Tachometerbereich</p> 	<p>Der Tachometerbereich enthält drei grüne Zahlenwerte (von links nach rechts): Die Fahrzeuggeschwindigkeit, die mit einem Kreis umrandete Geschwindigkeitsbegrenzung und die Wunschgeschwindigkeit</p> <p>Fährt man schneller als erlaubt, färbt sich der Tachometerbereich rot (unteres Bild). Im unteren Beispielbild beträgt die die Fahrzeuggeschwindigkeit 134 km/h, wobei nur 130 km/h erlaubt sind. Als Wunschgeschwindigkeit sind 120 km/h eingestellt.</p>
<p>Exzentrizität des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen</p> 	<p>Die Exzentrizität des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen wird über vertikale Linien rechts und links neben dem Tachometerbereich dargestellt (rote Markierung). Jede Linie steht dabei für eine Exzentrizitätsstufe. Im Beispiel fährt das Fahrzeug außermittig nach links versetzt.</p>
<p>Wunschabstand</p> 	<p>Der Wunschabstand wird über horizontale Linien über der Geschwindigkeitsbegrenzung angezeigt (rote Markierung). Umso mehr Linien erkennbar sind, umso größer ist der Abstand mit dem einem vorausfahrenden Fahrzeug gefolgt wird.</p>
<p>Hervorhebung der Parameter (Wunschgeschwindigkeit, Exzentrizität, Wunschabstand) bei der Änderung</p>	<p>Wird einer der Parameter (Wunschgeschwindigkeit, Exzentrizität, Wunschabstand) geändert, so leuchtet er während der Änderung heller.</p>
<p>Hinweisbereich der Gestenerkennung</p> 	<p>Wird bei der Fahrt mit der Gestensteuerung eine Geste nicht erkannt, erhalten Sie hier einen entsprechenden Hinweis.</p>



B: CbW: HTD



FB-B (Teil 1/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

	Trifft gar nicht zu	Trifft voll zu
Es fällt mir leicht mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit dem Conduct-by-Wire-System erledige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems fällt mir leicht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt ist das Conduct-by-Wire-System einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System würde mir das Erreichen meiner Ziele beim Fahren erleichtern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde, die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems bringt mir Vorteile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems würde ich meine Fahrfähigkeiten verlieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles in allem ist das Conduct-by-Wire ein ziemlich überflüssiges System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Conduct-by-Wire-System auf meine Befehle hin tun wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Benutzung hatte ich das Gefühl, dass das Conduct-by-Wire-System gut auf meine Befehle reagiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obwohl ich das Conduct-by-Wire-System gut beherrsche, wünsche ich mir eine noch direktere Kontrolle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System ist leicht zu kontrollieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, bei einem Ausfall des Conduct-by-Wire-Systems wüsste ich, wie ich zu reagieren hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System behindert nicht meinen eigenen Fahrstil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wäre mir wichtig, dass das Conduct-by-Wire-System meinen Fahrstil nicht behindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System entspricht meinen Wertvorstellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde mich mit Anderen Conduct-by-Wire-Systemnutzern zusammengehörig fühlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems könnte ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System passt gut zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems aufregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe eine positive Wahrnehmung von der Nutzung eines solchen Systems.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angenommen, das Conduct-by-Wire-System stünde mir zur Verfügung, gehe ich davon aus, dass ich das System zukünftig regelmäßig nutzen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B: CbW: HTD



	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Insgesamt würde ich das Conduct-by-Wire-System akzeptieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir wichtig, dass das Conduct-by-Wire-System zuverlässig funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich bei der Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems sicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, meine Insassen würden sich sicher fühlen, während ich das Fahrzeug mit dem Conduct-by-Wire-System manövriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich vertraue dem Conduct-by-Wire-System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte das Fahren mit dem Conduct-by-Wire-System für gefährlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System zu nutzen ist komfortabel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System entlastet mich beim Autofahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems wäre eine Autofahrt stressfreier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch das Zusammenspiel vom Conduct-by-Wire-System und mir würden meine Fahrziele besser erreicht werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Zusammenspiel vom Conduct-by-Wire-System und mir funktioniert gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich sehe das Conduct-by-Wire-System als gleichwertigen Partner in der Interaktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System und ich haben wie eine Einheit funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren mit dem Conduct-by-Wire-System ist monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems würde die Autofahrt aufregender gestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, dass ich mich mit dem Conduct-by-Wire-System gut im Straßenverkehr orientieren könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, mit dem Conduct-by-Wire-System wüsste ich immer wo ich gerade bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde das Conduct-by-Wire-System gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B: CbW: HTD



FB-B (Teil 2/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

Bitte bewerten Sie in diesem Fragebogen die Manöver und die Art der Durchführung bei der Bedienung mit dem haptischen Touchdisplay.

B.1 Wie empfanden Sie die Ausführung der Manöver, die vom System durchgeführt wurden? Bitte bewerten Sie jedes Manöver einzeln.

		sehr angenehm				sehr unangenehm
B.1.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.1.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.1.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.1.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.2 War es immer eindeutig erkennbar, wann ein Manöver begonnen hat? Bitte beurteilen Sie jedes Manöver einzeln.

		vollkommen eindeutig				überhaupt nicht eindeutig
B.2.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.2.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.2.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.2.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.3 Es war immer eindeutig erkennbar, wann ein Manöver geendet hat. Bitte beurteilen Sie jedes Manöver einzeln.

		vollkommen eindeutig				überhaupt nicht eindeutig
B.3.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.3.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.3.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.3.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B: CbW: HTD



B.4 Entlastet/Belastet Sie die manöverbasierte Fahrzeugführung im Vergleich zum normalen Fahren?

	starke Entlastung				starke Belastung
B.4.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.5 Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung?

	sehr zuverlässig				Überhaupt nicht zuverlässig
B.5.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.6 Ich hatte während der Versuche das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeuges vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

	stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.6.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.7 Bitte bewerten Sie durch setzen eines Kreuzes auf der unten dargestellten Linie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Fahrzeug mit der manöverbasierten Fahrzeugführung. Bitte gehen Sie von einem aktivierten *Conduct-by-Wire*-System aus.

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer		Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug
--------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------

B.8 Ich hatte das Gefühl eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein so dass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.8.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B: CbW: HTD



B.9 Weitere Fragen zum *Conduct-by-Wire*-System mit haptischem Touchdisplay

		starke Reduktion	schwache Reduktion	weder noch	schwache Erhöhung	starke Erhöhung
B.9.I	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung (<i>Conduct-by-Wire</i>) mit haptischem Touchdisplay die Fahrsicherheit im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.9.II	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit haptischem Touchdisplay den Fahrkomfort im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.9.III	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit haptischem Touchdisplay den Fahrspaß im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.9.IV	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit haptischem Touchdisplay die Aufmerksamkeit im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B: CbW: HTD

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



FB-B (Teil 3/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie das **haptische Touchdisplay** bewerten können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Ein Beispiel:

unsympathisch sympathisch

*Diese Bewertung bedeutet, dass die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems mit **haptischem Touchdisplay** für Sie eher sympathisch ist.*

Denken Sie nicht lange über die Wortpaare nach, sondern geben Sie bitte die Einschätzung ab, die Ihnen spontan in den Sinn kommt.

Vielleicht passen einige Wortpaare nicht so gut auf das Produkt, kreuzen Sie aber trotzdem bitte immer eine Antwort an. Denken Sie daran, dass es keine "richtigen" oder "falschen" Antworten gibt - nur Ihre persönliche Meinung zählt!



B: CbW: HTD



Ihr Urteil!

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck des *haptischen Touchdisplays* wieder.

Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7	
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch p B.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend B.HQL_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm p B.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell p B.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert p B.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft p B.HQL_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön B.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch p B.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch p B.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt B.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos p B.HQL_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar P B.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll B.HQL_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend B.HQL_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten p B.HQL_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar B.HQL_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend B.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ B.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht p B.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich B.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend B.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig P B.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ p B.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd B.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd B.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend P B.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich P B.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar B.PQ_7



B: CbW: HTD



FB-B (Teil 4/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

B.10 Bitte kreuzen Sie an, wie sehr Sie den einzelnen Aussagen zustimmen.

Aussage	stimme ganz entschieden zu				stimme ganz und gar nicht zu
	1	2	3	4	5
1. Ich denke, ich würde dieses System gerne häufiger benutzen.					
2. Ich finde das System unnötig komplex.					
3. Ich finde, das System ist einfach zu benutzen.					
4. Ich denke, ich würde die Unterstützung einer erfahreneren Person brauchen, um in der Lage zu sein, das System zu benutzen.					
5. Ich finde, die verschiedenen Funktionen in diesem System sind gut integriert.					
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.					
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Leute sehr schnell lernen würden mit diesem System umzugehen.					
8. Ich fand das System sehr schwerfällig im Gebrauch.					
9. Ich fühlte mich sehr sicher bei der Benutzung des Systems.					
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System zurechtkam.					



B: CbW: HTD



FB-B (Teil 5/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

B.11 Die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems mit dem haptischen Touchdisplay war einfach zu erlernen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.11.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.12 Ich hatte das Gefühl den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.12.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.13 Ich hatte das Gefühl den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.13.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.14 Die Bedienung des haptischen Touchdisplays lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.14.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B.14 Es war leicht dem Fahrzeug ein Manöver / Parameter zu übergeben.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
B.15.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Touch Pad: Einführung





Bedienelement für Conduct-by-Wire: Gestensteuerung

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen die Fahrzeugführung mit dem *Conduct-by-Wire-System* erläutern. Als Bedienelement kommt während dieser Versuchsfahrt eine **Gestenerkennung** zum Einsatz. Auf einem in der Armlehne angebrachten Touchpad (zu Ihrer rechten), können Sie Gesten eingeben und das Fahrzeug so Steuern. Es wird dabei zwischen **Manövern** (mit einem Finger auszuführen) und **Parametern** (mit zwei oder drei Fingern auszuführen) unterschieden. **Nach jeder eingegebenen Geste müssen Sie alle Finger abheben! Bitte achten Sie darauf die Gesten langsam und nicht zu hektisch einzugeben!**

Die verfügbaren Manöver und Parameter bekommen Sie auf einem Head-up-Display angezeigt, das nachfolgend beschrieben wird.

Manöver:

Um ein Manöver zu beauftragen muss die entsprechende Geste mit **einem** Finger auf dem Touchpad gezeichnet werden. Nach dem Anheben des Fingers wird das Manöver eingeleitet (sofern die Verkehrssituation es erlaubt). In jedem Fall bekommen Sie dann eine Rückmeldung auf dem Head-up-Display.

<p>Dem Straßenverlauf folgen</p> <p>Manöverbild im Head-up-Display:</p>  <p>Geste:</p> 	<p>Beschreibung des Manövers:</p> <p>Das Fahrzeug folgt dem Straßenverlauf auf dem aktuellen Fahrstreifen mit der vom Fahrer eingestellten Wunschgeschwindigkeit.</p> <p>Bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung wird automatisch die Geschwindigkeit vermindert und nach der Begrenzung wieder auf den Wunschwert beschleunigt. In Ausnahmefällen kann es sein, dass die Geschwindigkeitsbegrenzung nicht erkannt wird. Hier muss der Fahrer eingreifen.</p> <p>Nähert sich das eigene Fahrzeug einem langsameren vorausfahrenden Fahrzeug, wird die Geschwindigkeit automatisch vermindert.</p> <p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ wird über ein senkrecht nach oben Wischen von unten nach oben mit einem Finger eingegeben (siehe Beschreibungsbild).</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Touch Pad: Einführung



Fahrstreifenwechsel

Manöverbilder im Head-up-Display:



Geste Fahrstreifenwechsel links:



Geste Fahrstreifenwechsel rechts:



Beschreibung des Manövers:

Das Fahrzeug wechselt, wenn die Verkehrssituation es erlaubt, vom aktuellen Fahrstreifen auf den benachbarten rechten bzw. linken Fahrstreifen und geht anschließend wieder in das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ über.

Ist ein Wechsel aufgrund von Verkehr nicht möglich, überprüft das Fahrzeug 10 Sekunden lang ob der Wechsel möglich wird und führt ihn gegebenenfalls aus. Sollte innerhalb der 10 Sekunden kein Wechsel möglich sein, wird der Wechselwunsch verworfen.

Beschreibung der Geste:

Das Manöver „Fahrstreifenwechsel links“ wird durch ein diagonales „Wischen“ mit einem Finger von unten nach links oben beauftragt (siehe Beschreibungsbild).

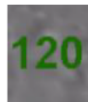
Das Manöver „Fahrstreifenwechsel rechts“ wird durch ein diagonales „Wischen“ mit einem Finger von unten nach rechts oben beauftragt (siehe Beschreibungsbild).

Parameter

Parameter werden mit zwei bzw. drei Fingern eingestellt. Die Steuerung erfolgt ähnlich einem Schieberegler. Durch auflegen der Finger auf das Touchpad wird die Parameteränderung eingeleitet, anschließend können Sie die Parameter durch Verschieben der Finger nach oben/unten bzw. rechts/links einstellen. Jeder Schritt wird direkt auf dem Head-up-Display angezeigt. Durch Anheben der Finger beenden Sie die Parametereinstellung.

Wunschgeschwindigkeit

Parameterbild im Head-up-Display:



Geste: Wunschgeschwindigkeit



Beschreibung des Manövers:

Während der Fahrt können Sie ihre gewünschte (maximale) Geschwindigkeit angeben, indem Sie den roten Marker auf dem Bandtacho des Touchscreens verschieben. Soweit die Verkehrssituation es zulässt, beschleunigt das Fahrzeug anschließend auf die Wunschgeschwindigkeit. Auf dem Bild ist eine Wunschgeschwindigkeit von 120 km/h ausgewählt.




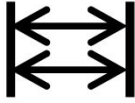
Beschreibung der Geste:

Legen Sie drei Finger nebeneinander auf das Touchpad. Durch ein anschließendes Verschieben der drei Finger nach oben / unten kann die Wunschgeschwindigkeit eingestellt werden. Je nachdem wie weit sie die Finger von dem Startpunkt der Geste entfernen, wird die Wunschgeschwindigkeit in 10km/h Schritten, 5 km/h Schritten oder km/h genau eingestellt.



Touch Pad: Einführung



<p>Wunschabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug</p> <p>Parameterbild im Head-up-Display:</p>  <p>Geste: Wunschabstand</p> 	<p>Beschreibung des Manövers: Sie haben die Möglichkeit den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einzustellen.</p> <p>Beschreibung der Geste: Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das Touchpad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach oben / unten kann der Wunschabstand eingestellt werden.</p>
<p>Position auf dem Fahrstreifen</p> <p>Parameterbild im Head-up-Display:</p>  <p>Geste: Exzentrizität</p> 	<p>Beschreibung des Manövers: Darüber hinaus stellt das System die Möglichkeit zur Verfügung, die Position auf dem Fahrstreifen bei aktiviertem <i>Conduct-by-Wire</i>-System einzustellen.</p> <p>Beschreibung der Geste: Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das Touchpad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach links / rechts kann die Position des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen eingestellt werden.</p>



C: CbW: TP



FB-C (Teil 1/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gesteuersteuerung

	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Es fällt mir leicht mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit dem Conduct-by-Wire-System erledige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems fällt mir leicht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt ist das Conduct-by-Wire-System einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System würde mir das Erreichen meiner Ziele beim Fahren erleichtern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde, die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems bringt mir Vorteile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems würde ich meine Fahrfähigkeiten verlieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles in allem ist das Conduct-by-Wire ein ziemlich überflüssiges System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Conduct-by-Wire-System auf meine Befehle hin tun wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Benutzung hatte ich das Gefühl, dass das Conduct-by-Wire-System gut auf meine Befehle reagiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obwohl ich das Conduct-by-Wire-System gut beherrsche, wünsche ich mir eine noch direktere Kontrolle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System ist leicht zu kontrollieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, bei einem Ausfall des Conduct-by-Wire-Systems wüsste ich, wie ich zu reagieren hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System behindert nicht meinen eigenen Fahrstil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es wäre mir wichtig, dass das Conduct-by-Wire-System meinen Fahrstil nicht behindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System entspricht meinen Wertvorstellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde mich mit Anderen Conduct-by-Wire-Systemnutzern zusammengehörig fühlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems könnte ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System passt gut zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems aufregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe eine positive Wahrnehmung von der Nutzung eines solchen Systems.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Angenommen, das Conduct-by-Wire-System stünde mir zur Verfügung, gehe ich davon aus, dass ich das System zukünftig regelmäßig nutzen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



	Trifft gar nicht zu									Trifft voll zu
Insgesamt würde ich das Conduct-by-Wire-System akzeptieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir wichtig, dass das Conduct-by-Wire-System zuverlässig funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich bei der Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems sicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, meine Insassen würden sich sicher fühlen, während ich das Fahrzeug mit dem Conduct-by-Wire-System manövriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich vertraue dem Conduct-by-Wire-System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte das Fahren mit dem Conduct-by-Wire-System für gefährlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System zu nutzen ist komfortabel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System entlastet mich beim Autofahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems wäre eine Autofahrt stressfreier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch das Zusammenspiel vom Conduct-by-Wire-System und mir würden meine Fahrziele besser erreicht werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Zusammenspiel vom Conduct-by-Wire-System und mir funktioniert gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich sehe das Conduct-by-Wire-System als gleichwertigen Partner in der Interaktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Conduct-by-Wire-System und ich haben wie eine Einheit funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren mit dem Conduct-by-Wire-System ist monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, die Nutzung des Conduct-by-Wire-Systems würde die Autofahrt aufregender gestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich kann mir vorstellen, dass ich mich mit dem Conduct-by-Wire-System gut im Straßenverkehr orientieren könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, mit dem Conduct-by-Wire-System wüsste ich immer wo ich gerade bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde das Conduct-by-Wire-System gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



FB-C (Teil 2/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gestensteuerung

Bitte bewerten Sie in diesem Fragebogen die Manöver und die Art der Durchführung bei der Bedienung mit der **Gestensteuerung**.

C.1 Wie empfanden Sie die Ausführung der Manöver, die vom System durchgeführt wurden? Bitte bewerten Sie jedes Manöver einzeln.

		sehr angenehm				sehr unangenehm
C.1.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.1.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.1.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.1.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.2 War es immer eindeutig erkennbar, wann ein Manöver begonnen hat? Bitte beurteilen Sie jedes Manöver einzeln.

		vollkommen eindeutig	eher eindeutig	weder noch	eher nicht eindeutig	überhaupt nicht eindeutig
C.2.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.2.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.2.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.2.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.3 Es war immer eindeutig erkennbar, wann ein Manöver geendet hat. Bitte beurteilen Sie jedes Manöver einzeln.

		vollkommen eindeutig				überhaupt nicht eindeutig
C.3.I	Anfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.3.II	Straßenverlauf folgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.3.III	Fahrstreifenwechsel (rechts)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.3.IV	Fahrstreifenwechsel (links)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



C.4 Entlastet/Belastet Sie die manöverbasierte Fahrzeugführung im Vergleich zum normalen Fahren?

	starke Entlastung	schwache Entlastung	weder noch	schwache Belastung	starke Belastung
C.4.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.5 Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit der manöverbasierten Fahrzeugführung?

	sehr zuverlässig				Überhaupt nicht zuverlässig
C.5.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.6 Ich hatte während der Versuche das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeuges vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

	stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.6.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.7 Bitte bewerten Sie durch setzen eines Kreuzes auf der unten dargestellten Linie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Fahrzeug mit der manöverbasierten Fahrzeugführung. Bitte gehen Sie von einem aktivierten *Conduct-by-Wire*-System aus.

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer		Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug
--------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------

C.8 Ich hatte das Gefühl eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein so dass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.8.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



C.9 Weitere Fragen zum *Conduct-by-Wire*-System der **Gestensteuerung**

		starke Reduktion	schwache Reduktion	weder noch	schwache Erhöhung	starke Erhöhung
C.9.I	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung (<i>Conduct-by-Wire</i>) mit Gestensteuerung die Fahrsicherheit im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.9.II	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit Gestensteuerung den Fahrkomfort im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.9.III	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit Gestensteuerung den Fahrspaß im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C.9.IV	Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach die manöverbasierte Fahrzeugführung mit Gestensteuerung die Aufmerksamkeit im Vergleich zum normalen Fahren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



FB-C (Teil 3/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gestensteuerung

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie die **Gestensteuerung** bewerten können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Ein Beispiel:

unsympathisch sympathisch

Diese Bewertung bedeutet, dass die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems mit **Gestensteuerung** für Sie eher sympathisch ist.

Denken Sie nicht lange über die Wortpaare nach, sondern geben Sie bitte die Einschätzung ab, die Ihnen spontan in den Sinn kommt.

Vielleicht passen einige Wortpaare nicht so gut auf das Produkt, kreuzen Sie aber trotzdem bitte immer eine Antwort an. Denken Sie daran, dass es keine "richtigen" oder "falschen" Antworten gibt - nur Ihre persönliche Meinung zählt!



C: CbW: TP



Ihr Urteil!

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck der **Gestensteuerung** wieder.
Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p C.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	C.HQL_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p C.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p C.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p C.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p C.HQL_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	C.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p C.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p C.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	C.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p C.HQL_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	P C.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	C.HQL_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	C.HQL_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p C.HQL_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	C.HQL_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	C.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	C.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p C.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	C.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	C.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	p C.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p C.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	C.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	C.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	P C.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	p C.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	C.PQ_7



C: CbW: TP



FB-C (Teil 4/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gestensteuerung

C.10 Bitte kreuzen Sie an, wie sehr Sie den einzelnen Aussagen zustimmen.

Aussage	stimme ganz entschieden zu				stimme ganz und gar nicht zu
	1	2	3	4	5
1. Ich denke, ich würde dieses System gerne häufiger benutzen.					
2. Ich finde das System unnötig komplex.					
3. Ich finde, das System ist einfach zu benutzen.					
4. Ich denke, ich würde die Unterstützung einer erfahreneren Person brauchen, um in der Lage zu sein, das System zu benutzen.					
5. Ich finde, die verschiedenen Funktionen in diesem System sind gut integriert.					
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.					
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Leute sehr schnell lernen würden mit diesem System umzugehen.					
8. Ich fand das System sehr schwerfällig im Gebrauch.					
9. Ich fühlte mich sehr sicher bei der Benutzung des Systems.					
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System zurechtkam.					



C: CbW: TP



FB-C (Teil 5/5): Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gestensteuerung

C.11 Die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems mit der **Gestensteuerung** war einfach zu erlernen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.11.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.12 Ich hatte das Gefühl den Blick **oft** von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.12.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.13 Ich hatte das Gefühl den Blick **lange** von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.13.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.14 Die Bedienung der **Gestensteuerung** lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.14.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.15 Es war leicht dem Fahrzeug ein Manöver / Parameter zu übergeben.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.15.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.16 Die Gesten waren leicht erlernbar.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.16.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



C.17 Manchmal wollte ich ein Manöver ausführen aber mir fiel die Geste nicht ein.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.17.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.18 Ich würde dem System gerne meine eigenen Gesten beibringen können.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.18.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.19 Hätte ich die Gesten selbst ausgewählt, hätte ich folgende Gesten gewählt:

Manövername	Vorgegebene Geste	Eigene Geste	Ich hätte die gleiche Geste gewählt.
Fahrstreifenwechsel links C.18.I			<input type="checkbox"/>
Fahrstreifenwechsel rechts C.18.II			<input type="checkbox"/>
Dem Straßenverlauf folgen C.18.III			<input type="checkbox"/>
Wunschgeschwindigkeit einstellen C.18.IV			<input type="checkbox"/>
Exzentrizität auf dem Fahrstreifen ändern C.18.V			<input type="checkbox"/>
Wunschabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug ändern C.18.VI			<input type="checkbox"/>



C: CbW: TP



C.19 Von mir ungenau ausgeführte Gesten hat das System trotzdem richtig erkannt.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.19.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.20 Das System war fehlerrobust.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.20.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.21 Die Ausführung der Gesten anstrengend.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
C.21.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C.22 Ich hatte mit der Bedienung Probleme.

	Ja	Nein
C.22.I	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn ja, welche?



Dr. manuell

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder





Head-up-Display für das manuelle Fahren (Fahren mit Lenkrad und Pedalen)

Zur Unterstützung des *manuellen Fahrens* kommt ein Head-up-Display zum Einsatz. Das besondere an diesem Display ist, dass dem Fahrer Informationen auch dann angezeigt werden können, wenn er auf die Straße blickt.



Im folgenden Abschnitt sollen kurz die Anzeigeeinhalte des *Head-up-Displays* vorgestellt und erklärt werden:

Tachometerbereich	
	Der Tachometerbereich enthält zwei grüne Zahlenwerte (oberes Bild): Die Fahrzeuggeschwindigkeit (links) und die mit einem Kreis umrandete Geschwindigkeitsbegrenzung (rechts). Im oberen Beispielbild fährt das Fahrzeug 100 km/h, während eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 130 km/h herrscht.
	Fährt man schneller als erlaubt ist, färbt sich der Tachometerbereich rot (unteres Bild). Im unteren Beispielbild fährt das Fahrzeug 134 km/h, während 130 km/h erlaubt sind.



D: manuell

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



FB-D (Teil 1/3): Beurteilung des manuellen Fahrens mit Lenkrad und Pedalen

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie das *manuelle Fahren mit Lenkrad und Pedalen* bewerten können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Ein Beispiel:

unsympathisch sympathisch

Diese Bewertung bedeutet, dass das manuelle Fahren mit Lenkrad und Pedalen für Sie eher sympathisch ist.

Denken Sie nicht lange über die Wortpaare nach, sondern geben Sie bitte die Einschätzung ab, die Ihnen spontan in den Sinn kommt.

Vielleicht passen einige Wortpaare nicht so gut auf das Produkt, kreuzen Sie aber trotzdem bitte immer eine Antwort an. Denken Sie daran, dass es keine "richtigen" oder "falschen" Antworten gibt - nur Ihre persönliche Meinung zählt!



D: manuell



Ihr Urteil!

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck des *manuellen Fahrens mit Lenkrad und Pedalen* wieder.

Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p D.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	D.HQ1_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p D.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p D.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p D.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p D.HQ1_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	D.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p D.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p D.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	D.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p D.HQ1_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	P D.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	D.HQ1_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	D.HQ1_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p D.HQ1_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	D.HQ1_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	D.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	D.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p D.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	D.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	D.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	P D.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p D.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	D.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	D.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	P D.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	P D.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	D.PQ_7



D: manuell



FB-D (Teil 2/3): Beurteilung des manuellen Fahrens mit Lenkrad und Pedalen

D.10 Bitte kreuzen Sie an, wie sehr Sie den einzelnen Aussagen zustimmen.

	stimme ganz entschieden zu				stimme ganz und gar nicht zu
Aussage	1	2	3	4	5
1. Ich denke, ich würde dieses System gerne häufiger benutzen.					
2. Ich finde das System unnötig komplex.					
3. Ich finde, das System ist einfach zu benutzen.					
4. Ich denke, ich würde die Unterstützung einer erfahreneren Person brauchen, um in der Lage zu sein, das System zu benutzen.					
5. Ich finde, die verschiedenen Funktionen in diesem System sind gut integriert.					
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.					
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Leute sehr schnell lernen würden mit diesem System umzugehen.					
8. Ich fand das System sehr schwerfällig im Gebrauch.					
9. Ich fühlte mich sehr sicher bei der Benutzung des Systems.					
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System zurechtkam.					



D: manuell



FB-D (Teil 3/3): Beurteilung des manuellen Fahrens mit Lenkrad und Pedalen

D.11 Die Bedienung des Fahrzeugs mit Lenkrad und Pedalen war einfach zu erlernen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
D.11.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D.12 Ich hatte das Gefühl den Blick **oft** von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
D.12.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D.13 Ich hatte das Gefühl den Blick **lange** von der Straße abwenden zu müssen.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
D.13.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D.14 Die Bedienung des Lenkrads und der Pedale lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
D.14.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D.20 Das System war fehlerrobust.

	Stimme vollkommen zu				stimme überhaupt nicht zu
D.20.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



D: manuell

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



D.22 Ich hatte mit der Bedienung Probleme.

	Ja	Nein
D.22.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn ja, welche?



E: Vergleich CbW

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



FB-E (Teil 1/1): Vergleich der Bedienung des Conduct-by-Wire-Fahrzeugs mit Gestensteuerung und Touchdisplay

Bitte beantworten Sie die nachfolgende Frage im Bezug auf **beide Conduct-by-Wire Bedienvarianten**.

E.1 Welche Bedienvariante war:

	Gesteuerung	Touchdisplay
... einfacher zu bedienen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... unterhaltsamer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... komfortabler?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... weniger ablenkend?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... intuitiver?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... sicherer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... fehlerrobuster?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E.1 Wenn Sie mit Conduct-by-Wire fahren, für welches Bedienelement entscheiden Sie sich?

Gesteuerung	Touchdisplay
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E.1 Für welche Variante würden Sie sich insgesamt entscheiden?

Conduct-by-Wire mit dem favorisiertem Bedienelement	Conduct-by-Wire mit einem anderen Bedienelement	Lenkrad und Pedale (kein Conduct-by-Wire)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E.1 Wenn Sie in der vorherigen Frage mit „Conduct-by-Wire mit einem anderen Bedienelement“ haben, beschreiben Sie bitte das Bedienelement:

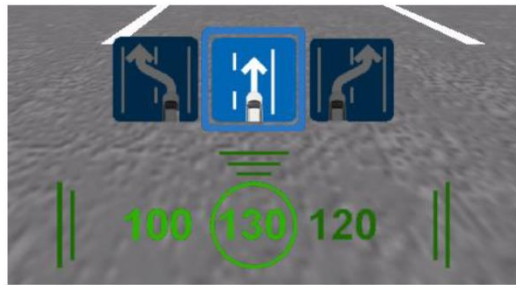


F: Bewertung HUD



FB-E (Teil 1/3): Beurteilung des Head-up-Displays für Conduct-by-Wire




Bitte kreuzen Sie die zutreffenden Antworten hinsichtlich des **Head-up-Displays für Conduct-by-Wire** (siehe Bild) an.



E.10 Die Bedeutung der angezeigten Inhalte des Head-up-Displays war für mich verständlich.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------









E.11 Bitte bewerten Sie die angezeigten Inhalte des Head-up-Displays hinsichtlich ihrer Eignung das entsprechende Manöver darzustellen.

		sehr geeignet				überhaupt nicht geeignet
.I	Dem Straßenverlauf folgen 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.II	Fahrstreifenwechsel  	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



F: Bewertung HUD




.III	Highlight des aktiven Manövers 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.IV	Nicht aktive, aber auswählbare Manöver 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.V	Fahrzeug-geschwindigkeit 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.VI	Geschwindigkeits-begrenzung 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.VII	Wunsch-geschwindigkeit 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.VIII	Einfärbung der Geschwindigkeiten, wenn man schneller fährt, als erlaubt ist 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.IX	Exzentrizität des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.X	Wunschabstand 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



F: Bewertung HUD



		sehr geeignet				überhaupt nicht geeignet
.XI	Hervorhebung der Parameter (Wunschgeschwindigkeit, Exzentrizität, Wunschabstand) bei der Änderung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.XII	Hinweisbereich der Gestenerkennung 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E.12 Die angezeigten Inhalte waren für mich hinsichtlich ihrer Größe gut erkennbar.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.13 Die angezeigten Inhalte waren für mich hinsichtlich ihrer Farbe gut erkennbar.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.14 Die angezeigten Inhalte waren für mich hinsichtlich der ihrer Position gut erkennbar.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.15 Ich wusste zur jeder Zeit welches Manöver ausgeführt wurde.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------



F: Bewertung HUD



E.16 Die Darstellung der Manöver und Parameter im *Head-up-Display* hat mir bei der Erfüllung der Fahraufgabe geholfen

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.17 Ich hätte mir weitere Informationen im *Head-up-Display* gewünscht. Bitte beschreiben Sie bei Zustimmung die fehlenden Informationen kurz.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.18 Ich fühlte mich durch das *Head-up-Display* von meiner Fahraufgabe stark abgelenkt.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------

E.19 Ich fühlte mich durch das *Head-up-Display* sicherer.

stimme vollkommen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme überhaupt nicht zu
----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------------



F: Bewertung HUD

Technische Universität Darmstadt
Institut für Arbeitswissenschaft
Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder



FB-E (Teil 2/3): Beurteilung des Head-up-Displays für Conduct-by-Wire

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie das **Head-up-Display für Conduct-by-Wire** bewerten können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Ein Beispiel:

unsympathisch sympathisch

Diese Bewertung bedeutet, dass das Head-up-Display für Conduct-by-Wire für Sie eher sympathisch ist.

Denken Sie nicht lange über die Wortpaare nach, sondern geben Sie bitte die Einschätzung ab, die Ihnen spontan in den Sinn kommt.

Vielleicht passen einige Wortpaare nicht so gut auf das Produkt, kreuzen Sie aber trotzdem bitte immer eine Antwort an. Denken Sie daran, dass es keine "richtigen" oder "falschen" Antworten gibt - nur Ihre persönliche Meinung zählt!



F: Bewertung HUD



Ihr Urteil!

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck des **Head-up-Displays für Conduct-by-Wire** wieder.

Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p E.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	E.HQL_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p E.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p E.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p E.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p E.HQL_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	E.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p E.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p E.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	E.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p E.HQL_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	P E.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	E.HQL_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	E.HQL_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p E.HQL_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	E.HQL_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	E.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	E.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p E.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	E.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	E.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	P E.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p E.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	E.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	E.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	P E.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	P E.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	E.PQ_7



F: Bewertung HUD



FB-E (Teil 3/3): Beurteilung des Head-up-Displays für Conduct-by-Wire

E.20 Bitte kreuzen Sie an, wie sehr Sie den einzelnen Aussagen zustimmen.

Aussage	stimme ganz entschieden zu				stimme ganz und gar nicht zu
	1	2	3	4	
1. Ich denke, ich würde dieses System gerne häufiger benutzen.					
2. Ich finde das System unnötig komplex.					
3. Ich finde, das System ist einfach zu benutzen.					
4. Ich denke, ich würde die Unterstützung einer erfahreneren Person brauchen, um in der Lage zu sein, das System zu benutzen.					
5. Ich finde, die verschiedenen Funktionen in diesem System sind gut integriert.					
6. Ich denke, es gibt zu viele Inkonsistenzen in diesem System.					
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Leute sehr schnell lernen würden mit diesem System umzugehen.					
8. Ich fand das System sehr schwerfällig im Gebrauch.					
9. Ich fühlte mich sehr sicher bei der Benutzung des Systems.					
10. Ich musste eine Menge lernen, bevor ich mit diesem System zurechtkam.					

Anhang D Versuchsmaterialien zu Iteration 2

Nutzungsanforderungen für Iteration 2

Nutzungsanforderung an das Interaktionskonzept		Typ	Wert / Wertebereich
A. Während der manöverbasierten Fahrzeugführung			
A1	Die Eingabe von Manövern muss möglich sein.	FF	-
A2	Die Eingabe von Parametern muss möglich sein.	FF	-
A3	Keine Fahrereingabe führt zu einem undefinierten Systemzustand (vgl. ISO 15005:2002; DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A4	<i>Conduct-by-Wire</i> muss jederzeit deaktivierbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A5	Der Manöverzustand (aktiv, verfügbar etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A6	Der Parameterzustand (Wert/Stufe, verfügbare Stufen etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A7	Die Rückmeldung nach einer Befehlseingabe muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Befehlseingabe}} < 0,25\text{s}$
A8	Die Rückmeldung über die Ausführung eines Manövers durch das Fahrzeug muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Manöverausführung}} < 0,25\text{s}$
A9	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Manövereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Manövereingabe}} < 1,5\text{s}$
A10	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Parametereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002)	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Parametereingabe}} < 1,5\text{s}$
A11	Die prozentuale Blickverteilung entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	-
A12	Die Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	$n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, herkömmlich}} = n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, Conduct-by-Wire}}$
A13	Die Anzahl der falsch negativen Eingabefehler (<i>false negatives</i> ; keine Eingabe erkannt) muss weniger als 2% der Gesamtinteraktionen betragen. (Anmerkung: da das <i>Conduct-by-Wire</i> Fahrzeug aktiv Unfälle vermeidet, handelt es sich hierbei nicht um sicherheitskritische Interaktionen. Daher wird hier ein Vergleichswert für die Akzeptanz von Spracherkennungen aus Stevens et al., 2002 herangezogen.)	BF	$n_{\text{false negatives}} < 0,02 n_{\text{Eingabe gesamt}}$

A14	Falsch positive Eingabefehler (false positives; andere Eingabe erkannt) dürfen nicht auftreten.	FF	$n_{\text{false negatives}} = 0$
A15	Die pragmatische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$PQ_{\text{herkömmlich}} \leq PQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
A16	Die hedonische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$HQ_{\text{herkömmlich}} \leq HQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
A17	Der Fahrer muss über eine verzögerte Manöverausführung informiert werden (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A18	Die Auswirkung des aktiven Manövers ist erkennbar.	FF	-
B. Während der herkömmlichen manuellen Fahrzeugführung			
B1	Eingabe von Stabilisierungsbefehlen muss möglich sein.	FF	-
B2	Erfüllung sekundärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
B3	Ein Wechsel der Fahrzeugführungsart (manuell oder manöverbasiert) ist während der Fahrt möglich.	FF	-
C. Während beiden Fahrzeugführungsarten			
C1	Die aktive Fahrzeugführung (manuell oder manöverbasiert) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C2	Erfüllung tertiärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
C3	Dem Fahrer werden alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs dargestellt (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C4	Alle Eingaben haben genau eine eindeutige Wirkung (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	FF	-
D. Allgemein			
D1	Unterhaltung mit dem Beifahrer muss während der Interaktion möglich sein.	FF	-
D2	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist benutzbar von Fahrerinnen und Fahrer mit einem gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland.	FF	-
D3	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss an den Benutzer anpassbar sein (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
D4	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle lässt Haltungsänderungen des Nutzers zu (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	W	-
D5	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss im Greifraums des Fahrers platziert sein (vgl. Stevens et al., 2002).	FF	-
D6	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss so platziert sein, dass in keinem Interaktionszustand andere Anzeigen und Bedienelemente verdeckt werden (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; European Commission, 2008; Stevens et al., 2002)	FF	-
D7	Das Gesamtsystem (<i>Conduct-by-Wire</i> und das Interaktionskonzept) ist in maximal 10min erlernbar (Annahme des Autors).	BF	$t_{\text{Einlernzeit}} < 10\text{min}$

Fragebogen und Erklärung der Mensch-Maschine-Schnittstellen

Studie zu Bedienelementen für CbW

Einführung (mündlich) folgende Punkte ansprechen:

Versuchsablauf:

- Fragebogen zur Person und der Fahrerfahrung
- Hinweise zum Simulator
- Kalibrierung der Blickbewegung
- Durchführen der Versuchsfahrt
- Fragebogen über die Fahrt
- Wiederholung der Kalibrierung und der Fahrt für die zwei anderen Bedienelemente
- Abschlussfragebogen
- Interview

Hinweise zu den Fragebögen:

- Daten werden anonym erfasst
- Es gibt kein richtig / falsch, es geht um die persönliche Einschätzung
- Instruktionen lesen! Einzelne Fragebögen kommen öfter in Bezug auf unterschiedliche Teilaspekte zum Einsatz!

Allgemeine Hinweise:

- Um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten, bitte die Versuchsfahrten ernst nehmen und fahren wie in der Realität
- Nach Möglichkeit an das Rechtsfahrgebot halten
- Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs ist 140 km/h
- Das Fahrzeug schaltet automatisch. Blinken ist ebenfalls nicht notwendig.
- Fragen können jederzeit gestellt werden.
- Probleme / Bedenken / Gedankengänge während des Versuchs bitte jederzeit äußern!
- Bitte frühzeitig darauf hinweisen wenn ein Schwindelgefühl einsetzt! (Simulatorkrankheit)

Wir danken Ihnen vielmals für Ihre Teilnahme!



Fragebogen: Angaben zu Ihrer Person und Vorerfahrung

A.1. Angaben zu Ihrer Person

Alter:	Jahre			
Geschlecht:	weiblich	<input type="checkbox"/>	männlich	<input type="checkbox"/>
Sind Sie...	rechtshändig	<input type="checkbox"/>	linkshändig	<input type="checkbox"/>
Sind Sie rot-grün-blind?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Welche gültige Fahrerlaubnis besitzen Sie?	Motorrad	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
	PKW	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
	LKW	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
	Bus	<input type="checkbox"/>	seit: _____ Jahren	
Wie viele Kilometer sind Sie bisher gefahren?	0 - 50.000 km	<input type="checkbox"/>	100.000 – 250.000 km	<input type="checkbox"/>
	50.000 - 100.000 km	<input type="checkbox"/>	mehr als 250.000 km	<input type="checkbox"/>
Wie viele Kilometer sind Sie im letzten Jahr gefahren?	0 – 5.000 km	<input type="checkbox"/>	30.000 – 40.000 km	<input type="checkbox"/>
	5.000 – 10.000 km	<input type="checkbox"/>	40.000 – 80.000 km	<input type="checkbox"/>
	10.000 – 20.000 km	<input type="checkbox"/>	80.000 – 160.000 km	<input type="checkbox"/>
	20.000 – 30.000 km	<input type="checkbox"/>	mehr als 160.000 km	<input type="checkbox"/>
Pendeln Sie täglich mit dem Auto zur Arbeit?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>
Haben Sie an vorhergehenden Versuchen zum Thema „Conduct-by-Wire“ teilgenommen?	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>

A.2. Wie oft nutzen Sie die folgenden Fahrerassistenzsysteme?

	kenne ich nicht	nie					regelmäßig
Totwinkelwarner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ACC (Adaptive Cruise Control)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tempomat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lane Departure Warning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lane Keeping Support	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Head-up-Display	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



A.3. Wie oft nutzen Sie die folgenden Interaktionsmöglichkeiten?

	kenne ich nicht	nie					regel- mäßig
Fahrsimulator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Touchpads am Laptop	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Touchdisplays (Smartphone, Tablet-Pc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestensteuerung / Gesten- erkennung (Wischgeste auf dem Smartphone, Playstation Move)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A.4. Wie gut schätzen Sie Ihre Fertigkeiten im Umgang mit folgenden Interaktionsmöglichkeiten ein?

	Sehr schlecht						Sehr gut
Fahrsimulator	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Touchpads am Laptop	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Touchdisplays (Smartphone, Tablet-Pc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gestensteuerung / Gesten- erkennung (Wischgeste auf dem Smartphone, Playstation Move)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Conduct-by-Wire

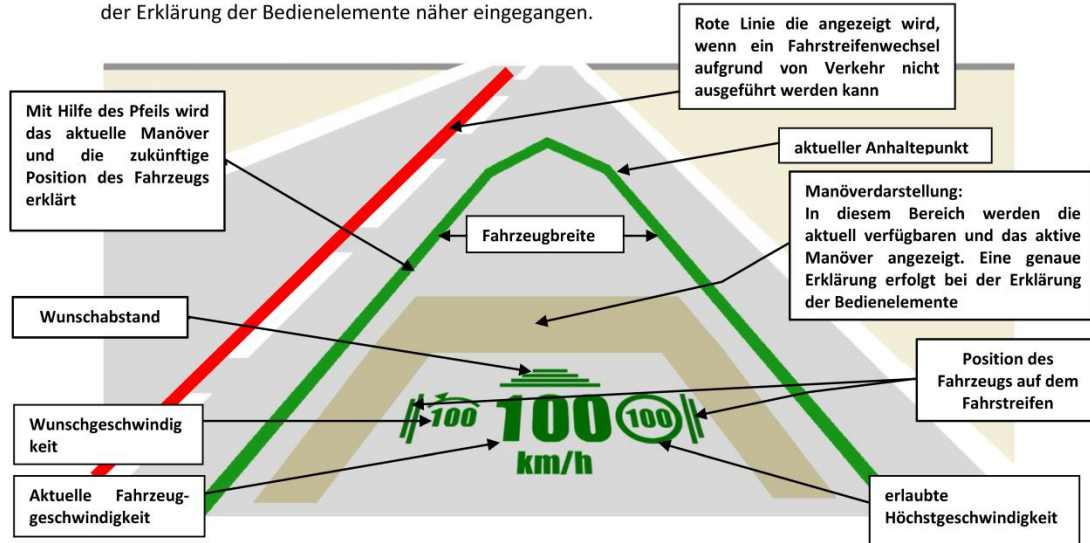
Der Fahrer kann dem Fahrzeug bestimmte Aufgaben, die sogenannten Fahrmanöver, übertragen. Diese werden dann vom Fahrzeug selbstständig ausgeführt. Ein Beispiel für eine solche Aufgabe ist das Manöver: „Wechsel auf den Fahrstreifen rechts vom Fahrzeug“. Diese Manöver können individuell durch die Parameter „Wunschgeschwindigkeit“, „Positionierung auf dem Fahrstreifen“ und „Wunschabstand“ angepasst werden. Da in diesem Versuch nur auf der Autobahn gefahren wird, sind nur die drei Manöver „Fahrstreifenwechsel rechts“, „Fahrstreifenwechsel links“ und „dem Straßenverlauf folgen“ auswählbar.

Anders als bei einem herkömmlichen Fahrzeug werden diese Manöver nicht durch das Lenkrad und die Pedale an das Fahrzeug übergeben. Zur Interaktion mit dem Conduct-by-Wire-System stehen Ihnen deshalb alternative Bediensysteme zur Verfügung die nachfolgend beschrieben werden.

Da es sich hier um eine Untersuchung der Bedienelemente handelt, möchten wir Sie bitten diese vorrangig zu benutzen. Sollten Sie in eine kritische Situation geraten, können Sie das Fahrzeug wie gewohnt manuell - mit Lenkrad und Pedalen - bedienen. Weiterhin ist zu beachten, dass das System Sondersituationen wie z.B. Baustellen nicht erkennt. Sollte ein Manöver aufgrund von Verkehr nicht ausgeführt werden können, wird das System nach 10-sekündiger Überprüfung den Manöverwunsch verwerfen. Anschließend kann der Befehl wiederholt gegeben werden.

Allgemeine Inhalte des Head-up-Displays

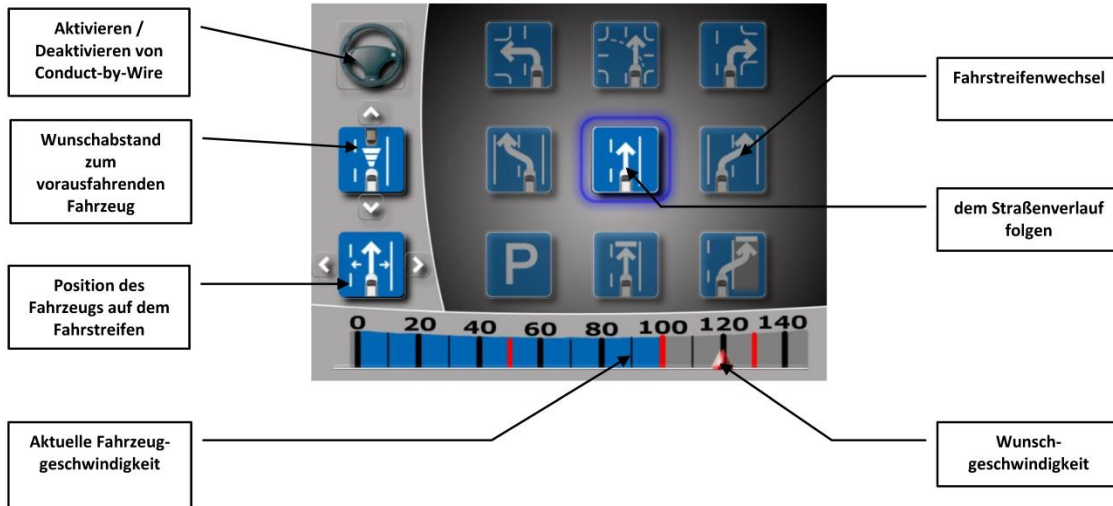
Die jeweiligen Manöver werden über ein Head-up-Display angezeigt. Folgendes Schaubild zeigt den Aufbau des Displays der für alle Bedienelemente gleich ist. Auf die jeweiligen Unterschiede wird bei der Erklärung der Bedienelemente näher eingegangen.





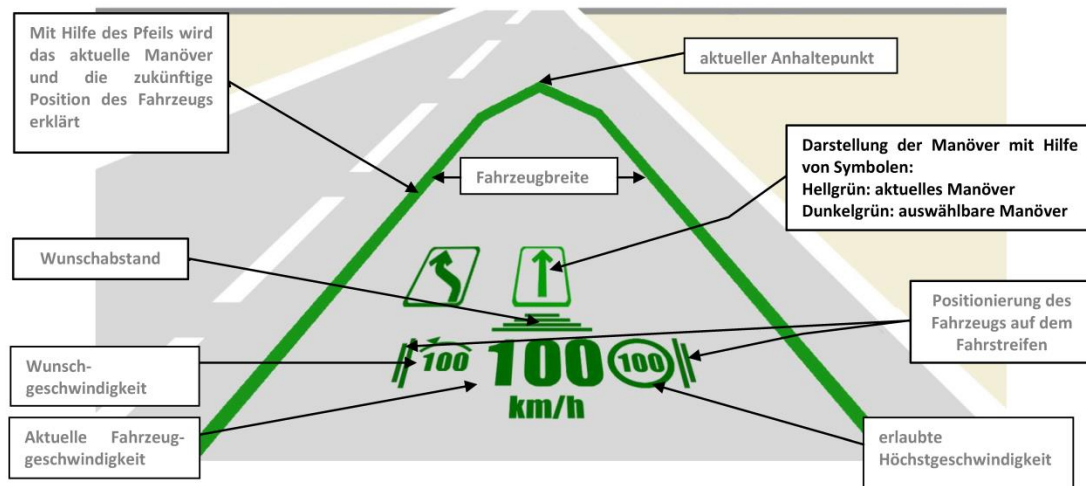
Bedienelement für Conduct-by-Wire: Touchdisplay

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen die Fahrzeugführung mit **Touchdisplay** erläutern. Auf dem Bild sehen Sie den Anzeigehalt des Touchdisplays vor Ihnen. Sie beauftragen ein Manöver / Parameter indem Sie auf dem Touchdisplay die zugehörige Schaltfläche betätigen.



Head-up-Display für Conduct-by-Wire: Touchdisplay

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen das zugehörige Head-up-Display erklären, das Sie beim Fahren unterstützt. Es kommt das gleiche Head-up-Display zum Einsatz wie bei der Gestensteuerung. Zusätzlich zu den allgemeinen Inhalten werden im Manöverbereich die **Manöver in Form von Symbolen dargestellt (siehe Bild)**. Hierbei ist das aktuell gefahrene Manöver in einem hellen Grünton dargestellt:





B.1. Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Touchdisplay

	Trifft gar nicht zu						Trifft voll zu
Es fällt mir leicht, mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit Touchdisplay erledige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung des Touchdisplays, fällt mir leicht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt ist das Touchdisplay, einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay erleichtert mir das Erreichen meiner Ziele beim Fahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde, die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay bringt mir Vorteile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay verlerne ich meine Fahrfertigkeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles in allem ist Conduct-by-Wire mit Touchdisplay ein ziemlich überflüssiges System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Fahrzeug auf meine Befehle hin tun wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Benutzung hatte ich das Gefühl, dass das Fahrzeug zuverlässig auf meine Befehle reagiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Verwendung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay wird das Fahren insgesamt sicherer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay ist leicht zu kontrollieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei einem Ausfall von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay wüsste ich, wie ich zu reagieren hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay behindert nicht meinen eigenen Fahrstil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir wichtig, dass Conduct-by-Wire mit Touchdisplay meinen Fahrstil nicht behindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay entspricht meinen Wertvorstellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu						Trifft voll zu
Ich fühle mich mit anderen Nutzern von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay zusammengehörig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay kann ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay passt gut zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay aufregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe eine positive Wahrnehmung von der Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde das Conduct-by-Wire mit Touchdisplay regelmäßig nutzen, wenn es mir zur Verfügung stände.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt akzeptiere ich Conduct-by-Wire mit Touchdisplay.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay funktioniert zuverlässig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht dem Fahrzeug Parameter (z.B. Wunschgeschwindigkeit) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, meine Insassen würden sich sicher fühlen, während ich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay manövriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich vertraue Conduct-by-Wire mit Touchdisplay.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte das Fahren mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay für gefährlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay zu nutzen ist komfortabel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay entlastet mich beim Autofahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay wird eine Autofahrt stressfreier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay und mir werden meine Fahrziele besser erreicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay und mir funktioniert gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Ich sehe Conduct-by-Wire mit Touchdisplay als gleichwertigen Partner in der Interaktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay und ich haben wie eine Einheit funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay ist monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay gestaltet die Autofahrt aufregender.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde Conduct-by-Wire mit Touchdisplay gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht dem Fahrzeug ein Manöver (z.B. Fahrstreifenwechsel links) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war in jeder Situation leicht verständlich welche Manöver auswählbar waren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Touchdisplay hat mich dabei unterstützt das Verkehrsgeschehen zu überblicken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay fiel es mir leicht das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer vorherzusehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir war zu jeder Zeit bewusst, wann Conduct-by-Wire mit Touchdisplay meine Hilfe benötigt, um eine Situation sicher zu bewältigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B.2. Entlastet/Belastet Sie das Fahren mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Belastung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Entlastung
------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------

B.3. Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay?

Überhaupt nicht zuverlässig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sehr zuverlässig
-----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------

B.4. Ich hatte während des Versuchs mit Conduct-by-Wire mit Touchdisplay das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeuges vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------

B.5. Bitte bewerten Sie durch das Setzen eines Kreuzes auf der unten dargestellten Linie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Conduct-by-Wire Fahrzeug mit Touchdisplay.

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer		Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug
--------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------

B.6. Bei der Fahrzeugführung mit Hilfe von Conduct-by-Wire mit Touchdisplay hatte ich das Gefühl, eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein, so dass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------



B.7. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Touchdisplay die Fahrsicherheit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

B.8. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Touchdisplay den Fahrkomfort im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

B.9. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Touchdisplay den Fahrspaß im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

B.10. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Touchdisplay die Aufmerksamkeit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------



Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie das **jeweilige Bedienelement** bewerten können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Ein Beispiel:

unsympathisch sympathisch

Diese Bewertung bedeutet, dass die Bedienung des Conduct-by-Wire-Systems für Sie eher sympathisch ist.

Denken Sie nicht lange über die Wortpaare nach, sondern geben Sie bitte die Einschätzung ab, die Ihnen spontan in den Sinn kommt.

Vielleicht passen einige Wortpaare nicht so gut auf das Produkt, kreuzen Sie aber trotzdem bitte immer eine Antwort an. Denken Sie daran, dass es keine "richtigen" oder "falschen" Antworten gibt - nur Ihre persönliche Meinung zählt!



**B.11. Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck des Touchdisplays wieder.
Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!**

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p B.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	B.HQI_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p B.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p B.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p B.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p B.HQI_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	B.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p B.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p B.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	B.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p B.HQI_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	P B.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	B.HQI_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	B.HQI_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p B.HQI_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	B.HQI_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	B.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	B.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p B.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	B.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	B.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	P B.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p B.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	B.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	B.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	P B.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	P B.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	B.PQ_7






Bedienelement für Conduct-by-Wire: Gestensteuerung

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen die Fahrzeugführung mit dem *Conduct-by-Wire-System* mit **Gestensteuerung** erläutern. Auf einem in der Armlehne angebrachten iPad (zu Ihrer Rechten), können Sie Gesten eingeben und das Fahrzeug so steuern. Manövergesten werden hierbei mit einem, Parametergesten mit mehr als einem Finger eingegeben. **Nach jeder eingegebenen Geste müssen Sie alle Finger abheben! Bitte achten Sie darauf die Gesten langsam und nicht zu hektisch einzugeben!** Nachfolgend sind die verfügbaren Manöver- und Parametergesten beschrieben:

Manöver:

Um ein Manöver zu beauftragen muss die entsprechende Geste mit **einem** Finger auf dem Touchpad gezeichnet werden. Nach dem Anheben des Fingers wird das Manöver eingeleitet (sofern die Verkehrssituation es erlaubt). In jedem Fall bekommen Sie eine Rückmeldung über das Head-up-Display.



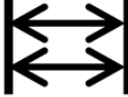
Dem Straßenverlauf folgen Geste: 	Beschreibung der Geste: Das Manöver „dem Straßenverlauf folgen“ wird über ein senkrechtes Wischen von unten nach oben mit einem Finger eingegeben (siehe Beschreibungsbild).
Fahrstreifenwechsel Geste links:  Geste rechts: 	Beschreibung der Geste: Das Manöver „ <i>Fahrstreifenwechsel links</i> “ wird durch eine Geste beauftragt die der Form des Beschreibungspfeils entspricht (siehe Bild). Bitte beginnen Sie die Geste bei dem Punkt unten und wischen Sie in Richtung Pfeilspitze. Das Manöver „ <i>Fahrstreifenwechsel rechts</i> “ wird durch eine Geste beauftragt die der Form des Beschreibungspfeils entspricht (siehe Bild). Bitte beginnen Sie die Geste bei dem Punkt unten und wischen Sie in Richtung Pfeilspitze.



Parameter:

Die Parametereingabe mit der Gestensteuerung erfolgt entsprechend zu der Parametereingabe mit PieDrive. Sollten Sie bereits mit PieDrive gefahren sein können Sie die nachfolgende Erklärung überspringen.

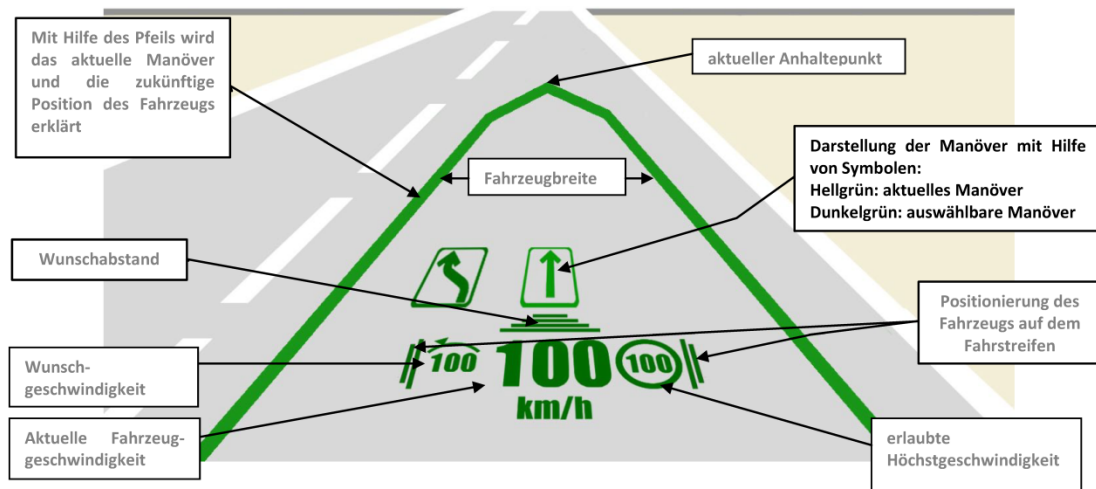
Parameter werden mit zwei oder vier Fingern eingestellt. Die Steuerung erfolgt ähnlich einem Schieberegler. Durch Auflegen der Finger auf das iPad wird die Parameteränderung eingeleitet, anschließend können Sie die Parameter durch Verschieben der Finger nach oben/unten bzw. rechts/links einstellen. Jeder Schritt wird direkt auf dem Head-up-Display angezeigt. Durch Anheben der Finger beenden Sie die Parametereinstellung.

<p>Wunschgeschwindigkeit</p> <p>Geste: Wunschgeschwindigkeit</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie vier Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der vier Finger nach oben / unten kann die Wunschgeschwindigkeit erhöht / vermindert werden. Je nachdem wie schnell Sie die Finger bewegen, wird die Wunschgeschwindigkeit in 10km/h Schritten, 5 km/h Schritten oder km/h genau eingestellt.</p>
<p>Wunschabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug</p> <p>Geste: Wunschabstand</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach oben / unten kann der Wunschabstand eingestellt werden.</p>
<p>Position auf dem Fahrstreifen</p> <p>Geste: Positionierung</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach links / rechts kann die Position des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen eingestellt werden.</p>



Head-up-Display für Conduct-by-Wire: Gestensteuerung

In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen das zugehörige Head-up-Display erklären, das Sie beim Fahren unterstützt. Es kommt das gleiche Head-up-Display zum Einsatz wie bei dem Touchdisplay. Zusätzlich zu den allgemeinen Inhalten werden im Manöverbereich die **Manöver in Form von Symbolen dargestellt (siehe Bild)**. Hierbei ist das **aktuell gefahrene Manöver in einem hellen Grünton dargestellt**:





C.1. Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit Gestensteuerung

	Trifft gar nicht zu						Trifft voll zu
Es fällt mir leicht mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung erledige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung, fällt mir leicht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt ist Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung erleichtert mir das Erreichen meiner Ziele beim Fahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde, die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung bringt mir Vorteile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung würde ich meine Fahrfertigkeiten verlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles in allem ist Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung ein ziemlich überflüssiges System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Fahrzeug auf meine Befehle hin tun wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Benutzung hatte ich das Gefühl, dass das Fahrzeug zuverlässig auf meine Befehle reagiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung ist leicht zu kontrollieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei einem Ausfall von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung weiß ich, wie ich zu reagieren habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung behindert nicht meinen eigenen Fahrstil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir wichtig, dass Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung meinen Fahrstil nicht behindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung entspricht meinen Wertvorstellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich mit anderen Nutzern von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung zusammengehörig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu						Trifft voll zu
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung kann ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung passt gut zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung aufregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe eine positive Wahrnehmung von der Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung regelmäßig nutzen, wenn es mir zur Verfügung stände.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt akzeptiere ich Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung funktioniert zuverlässig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Verwendung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung wird das Fahren insgesamt sicherer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube meine Insassen würden sich sicher fühlen, während ich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung manövriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich vertraue Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte das Fahren mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung für gefährlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung zu nutzen ist komfortabel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung entlastet mich beim Autofahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung wird eine Autofahrt stressfreier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung und mir, werden meine Fahrziele besser erreicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung und mir funktioniert gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu						Trifft voll zu
Ich sehe Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung als gleichwertigen Partner in der Interaktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung und ich haben wie eine Einheit funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung ist monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Nutzung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung gestaltet die Autofahrt aufregender.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht, dem Fahrzeug ein Manöver (z.B. Fahrstreifenwechsel links) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht, dem Fahrzeug ein Parameter (z.B. Wunschgeschwindigkeit) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war in jeder Situation leicht verständlich, welche Manöver auswählbar waren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung hat mich dabei unterstützt, das Verkehrsgeschehen zu überblicken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung fiel es mir leicht, das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer vorherzusehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir war zu jeder Zeit bewusst, wann Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung meine Hilfe benötigt, um eine Situation sicher zu bewältigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



C.2. Entlastet/Belastet Sie das Fahren mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Belastung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Entlastung
------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------

C.3. Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung?

Überhaupt nicht zuverlässig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sehr zuverlässig
-----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------

C.4. Ich hatte während der Versuche mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeuges vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------

C.5. Bitte bewerten Sie durch das Setzen eines Kreuzes auf der unten dargestellten Linie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung.

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug
--------------------------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------------------------------

C.6. Bei der Fahrzeugführung mit Hilfe von Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung hatte ich das Gefühl, eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein, so dass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------



C.7. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung die Fahrsicherheit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

C.8. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung den Fahrkomfort im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

C.9. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung den Fahrspaß im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

C.10. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit Gestensteuerung die Aufmerksamkeit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------



C.11. Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck der Gestensteuerung wieder. Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p B.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	B.HQI_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p B.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p B.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p B.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p B.HQI_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	B.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p B.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p B.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	B.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p B.HQI_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	p B.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	B.HQI_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	B.HQI_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p B.HQI_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	B.HQI_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	B.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	B.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p B.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	B.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	B.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	p B.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p B.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	B.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	B.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	p B.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	p B.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	B.PQ_7

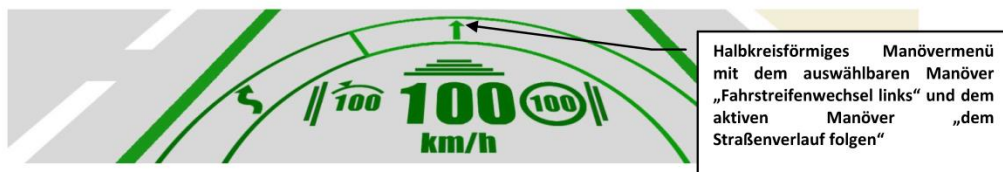


Bedienelement für Conduct-by-Wire: PieDrive

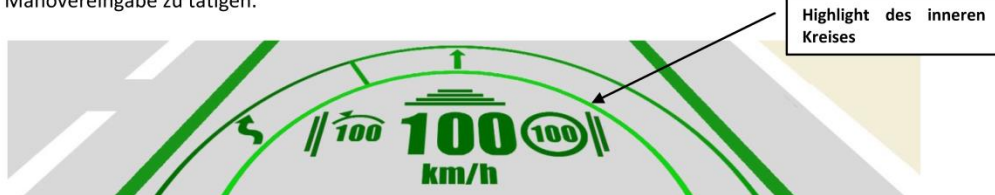
In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen die Fahrzeugführung mit **Conduct-by-Wire mit dem Bedienelement PieDrive** erläutern. Sie steuern das Fahrzeug über ein in der rechten Armlehne des Fahrersitzes integriertes iPad. Hierbei werden Manöverbefehle mit einem Finger ausgeführt, während Parameterbefehle mit mehr als einem Finger eingegeben werden.

Manövereingabe:

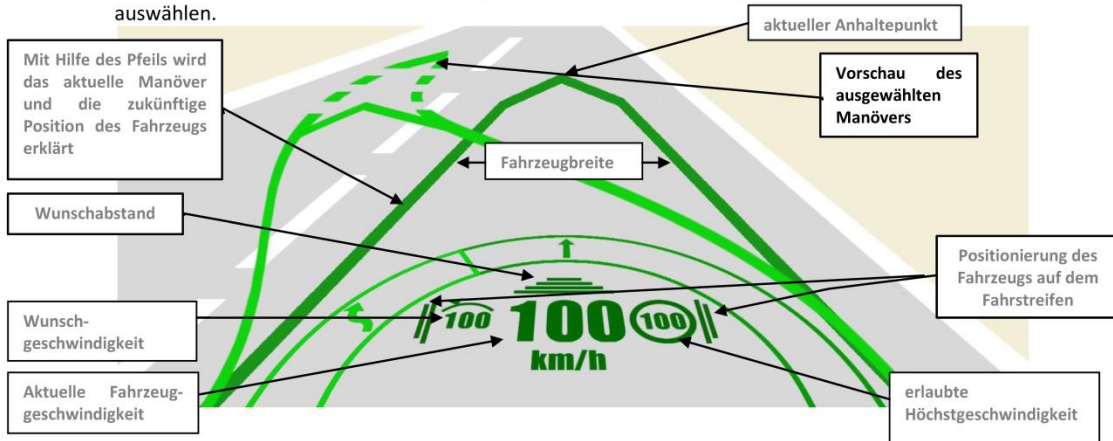
Alle auswählbaren und das aktuell ausgeführte Manöver werden im Head-up-Display in einem halbkreisförmigen Menü dargestellt (siehe Bild). Das aktuell ausgeführte Manöver ist hierbei mit einem helleren Grünton hervorgehoben.



Zur Auswahl eines Manövers legen Sie bitte einen Finger auf das iPad. Im Head-up-Display wird der Beginn der Manövereingabe über ein hellgrünes Highlight des inneren Kreises dargestellt (siehe Bild). Solange Sie sich in dem inneren Kreis befinden können Sie den Finger vom iPad nehmen ohne eine Manövereingabe zu tätigen.



Um ein bestimmtes Manöver auszuwählen schieben Sie den Finger zu dem Feld des Manövers. Haben Sie dieses erreicht wird das Feld im Head-up-Display hellgrün hervorgehoben (siehe Bild). Zusätzlich erhalten Sie über einen zweiten Pfeil eine Vorschau des Manövers (siehe Bild). Jetzt können Sie durch ein Abheben des Fingers das Manöver beauftragen oder ein anderes Manöver auswählen.



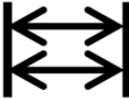




Parametereingabe:

Die Parametereingabe mit PieDrive erfolgt entsprechend zu der Parametereingabe mit der Gestensteuerung. Sollten Sie bereits mit der Gestensteuerung gefahren sein können Sie die nachfolgende Erklärung überspringen.

Parameter werden mit zwei oder vier Fingern eingestellt. Die Steuerung erfolgt ähnlich einem Schieberegler. Durch Auflegen der Finger auf das iPad wird die Parameteränderung eingeleitet, anschließend können Sie die Parameter durch Verschieben der Finger nach oben/unten bzw. rechts/links einstellen. Jeder Schritt wird direkt auf dem Head-up-Display angezeigt. Durch Anheben der Finger beenden Sie die Parametereinstellung.

<p>Wunschgeschwindigkeit</p> <p>Geste: Wunschgeschwindigkeit</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie vier Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der vier Finger nach oben / unten kann die Wunschgeschwindigkeit erhöht / vermindert werden. Je nachdem wie schnell Sie die Finger bewegen, wird die Wunschgeschwindigkeit in 10km/h Schritten, 5 km/h Schritten oder km/h genau eingestellt.</p>
<p>Wunschabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug</p> <p>Geste: Wunschabstand</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach oben / unten kann der Wunschabstand eingestellt werden.</p>
<p>Position auf dem Fahrstreifen</p> <p>Geste: Positionierung</p> 	<p>Beschreibung der Geste:</p> <p>Legen Sie zwei Finger nebeneinander auf das iPad. Durch ein anschließendes Verschieben der zwei Finger nach links / rechts kann die Position des Fahrzeugs auf dem Fahrstreifen eingestellt werden.</p>



D.1. Beurteilung des Conduct-by-Wire-Konzepts mit PieDrive

	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Es fällt mir leicht, mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit Conduct-by-Wire mit PieDrive erledige.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung von Conduct-by-Wire mit PieDrive fällt mir leicht zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt ist Conduct-by-Wire mit PieDrive einfach zu benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive erleichtert mir das Erreichen meiner Ziele beim Fahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde, die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive bringt mir Vorteile.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive würde ich meine Fahrfertigkeiten verlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alles in allem ist Conduct-by-Wire mit PieDrive ein ziemlich überflüssiges System.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Fahrzeug auf meine Befehle hin tun wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Während der Benutzung hatte ich das Gefühl, dass das Fahrzeug zuverlässig auf meine Befehle reagiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive ist leicht zu kontrollieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, bei einem Ausfall von Conduct-by-Wire mit PieDrive wüsste ich, wie ich zu reagieren hätte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive behindert nicht meinen eigenen Fahrstil.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist mir wichtig, dass Conduct-by-Wire mit PieDrive meinen Fahrstil nicht behindert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive entspricht meinen Wertvorstellungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich fühle mich mit anderen Nutzern von Conduct-by-Wire mit PieDrive zusammengehörig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive kann ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive passt gut zu mir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive aufregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe eine positive Wahrnehmung von der Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich würde Conduct-by-Wire mit PieDrive regelmäßig nutzen, wenn es mir zur Verfügung stände.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insgesamt akzeptiere ich Conduct-by-Wire mit PieDrive.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive funktioniert zuverlässig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Verwendung von Conduct-by-Wire mit PieDrive wird das Fahren insgesamt sicherer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, meine Insassen würden sich sicher fühlen, während ich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire mit PieDrive manövriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich vertraue Conduct-by-Wire mit PieDrive.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich halte das Fahren mit Conduct-by-Wire mit PieDrive für gefährlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive zu nutzen ist komfortabel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive entlastet mich beim Autofahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive wird eine Autofahrt stressfreier.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, durch das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit PieDrive und mir werden meine Fahrziele besser erreicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Zusammenspiel von Conduct-by-Wire mit PieDrive und mir funktioniert gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich sehe Conduct-by-Wire mit PieDrive als gleichwertigen Partner in der Interaktion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



	Trifft gar nicht zu							Trifft voll zu
Conduct-by-Wire mit PieDrive und ich haben wie eine Einheit funktioniert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive unterhaltsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren mit Conduct-by-Wire mit PieDrive ist monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Nutzung von Conduct-by-Wire mit PieDrive gestaltet die Autofahrt aufregender.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich finde Conduct-by-Wire mit PieDrive gut.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bedienung von Conduct-by-Wire mit PieDrive lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht, dem Fahrzeug ein Manöver(z.B. Fahrstreifenwechsel links) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war leicht, dem Fahrzeug ein Parameter (z.B. Wunschgeschwindigkeit) zu übergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es war in jeder Situation leicht verständlich, welche Manöver auswählbar waren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conduct-by-Wire mit PieDrive hat mich dabei unterstützt, das Verkehrsgeschehen zu überblicken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Conduct-by-Wire mit PieDrive fiel es mir leicht, das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer vorherzusehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



D.2. Entlastet/Belastet Sie Conduct-by-Wire mit PieDrive im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Belastung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Entlastung
------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------

D.3. Wie beurteilen Sie die Zuverlässigkeit von Conduct-by-Wire mit PieDrive?

Überhaupt nicht zuverlässig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sehr zuverlässig
-----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------

D.4. Ich hatte während der Versuche mit Conduct-by-Wire mit PieDrive das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeuges vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------

D.5. Bitte bewerten Sie durch das Setzen eines Kreuzes auf der unten dargestellten Linie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire mit PieDrive.

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug
--------------------------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------------------------------

D.6. Bei der Fahrzeugführung mit Hilfe von Conduct-by-Wire mit PieDrive hatte ich das Gefühl, eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein, so dass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

stimme überhaupt nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stimme vollkommen zu
---------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------



D.7. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit PieDrive die Fahrsicherheit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

D.8. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit PieDrive den Fahrkomfort im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

D.9. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit PieDrive den Fahrspaß im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------

D.10. Reduziert/ Erhöht Ihrer Meinung nach Conduct-by-Wire mit PieDrive die Aufmerksamkeit im Vergleich zum normalen Fahren?

starke Reduktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	starke Erhöhung
---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------



D.11. Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck von Conduct-by-Wire mit PieDrive wieder. Bitte kreuzen Sie nur jeweils ein Kästchen an!

Bitte ausfüllen...

	1	2	3	4	5	6	7		
menschlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	technisch	p B.PQ_1
isolierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	verbindend	B.HQL_1
angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unangenehm	p B.ATT_1
originell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konventionell	p B.HQS_1
einfach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kompliziert	p B.PQ_2
fachmännisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	laienhaft	p B.HQL_2
hässlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schön	B.ATT_2
praktisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unpraktisch	p B.PQ_3
sympathisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unsympathisch	p B.ATT_3
umständlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	direkt	B.PQ_4
stilvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stillos	p B.HQL_3
voraussagbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unberechenbar	p B.PQ_5
minderwertig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertvoll	B.HQL_4
ausgrenzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einbeziehend	B.HQL_5
bringt mich den Leuten näher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trennt mich von Leuten	p B.HQL_6
nicht vorzeigbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorzeigbar	B.HQL_7
zurückweisend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einladend	B.ATT_4
phantasielos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kreativ	B.HQS_2
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schlecht	p B.ATT_5
verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich	B.PQ_6
abstoßend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	anziehend	B.ATT_6
mutig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	vorsichtig	p B.HQS_3
innovativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	konservativ	p B.HQS_4
lahm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	fesselnd	B.HQS_5
harmlos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herausfordernd	B.HQS_6
motivierend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	entmutigend	p B.ATT_7
neuartig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	herkömmlich	p B.HQS_7
widerspenstig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	handhabbar	B.PQ_7



Vergleich der Bedienung des Conduct-by-Wire-Fahrzeugs mit Gestensteuerung, Touchdisplay und PieDrive

Bitte beantworten Sie die nachfolgende Frage im Bezug auf die drei *Conduct-by-Wire Bedienvarianten*.

E.1. Bitte bewerten Sie jedes Bedienelement mit einem Kreuz auf der Linie. Die Position des Kreuzes gibt Ihre Gesamtbewertung des jeweiligen Bedienelements wieder. Mit dem Abstand zwischen den Kreuzen können Sie erklären wie viel besser / schlechter das Bedienelement im Vergleich zu den anderen ist. Bitte versehen sie die Kreuze anschließend mit einem A für das haptische Touchdisplay, einem B für die Gestensteuerung und einem C für das PieDrive.

schwer zu bedienen		einfach zu bedienen
langweilig		unterhaltsam
unkomfortabel		komfortabel
nicht fesselnd		fesselnd
nicht intuitiv		intuitiv
unsicher		sicher
fehleranfällig		fehlerrobust
nicht vertrauens- erweckend		vertrauens- erweckend
sehr schlecht		sehr gut



E.2. Wenn Sie die verschiedenen Bedienelemente bewerten müssten, wie viele Punkte würden Sie dem jeweiligen System geben? (1-sehr schlecht, 10- sehr gut)

PieDrive	
Touchdisplay	
Gestensteuerung	

E.3. Bitte bringen Sie die drei Bedienelemente in eine Rangordnung.

1. Platz	
2. Platz	
3. Platz	

E.4. Wenn Sie mit Conduct-by-Wire fahren, für welches Bedienelement entscheiden Sie sich?

Gestensteuerung	Touchdisplay	PieDrive
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E.5. Für welche Variante würden Sie sich insgesamt entscheiden?

Conduct-by-Wire mit dem favorisiertem Bedienelement	Conduct-by-Wire mit einem anderen Bedienelement	Lenkrad und Pedale (kein Conduct-by-Wire)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Bewertung des Head-up-Displays

Im Folgenden möchten wir Sie um eine Bewertung des Head-up-Displays für Conduct-by-Wire PieDrive bitten. Bitte geben Sie auf einer Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme vollkommen zu“ an, wie sehr Sie den Aussagen zustimmen.

Der zweite Manöverpfeil, der während der Bedienung erscheint,...	stimme überhaupt nicht zu						stimme vollkommen zu
... hat mir bei der Erfüllung der Fahraufgabe geholfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat mich verwirrt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat mich beim Fahren unterstützt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ist überflüssig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat mir die Auswahl der Manöver erleichtert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... habe ich nicht verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat zur Vermeidung von Fehlern beigetragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat mich vom Verkehrsgeschehen abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat Conduct-by-Wire aufgewertet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Die Symbole im Head-up-Display haben während der Fahrt unterschiedliche Grüntöne angenommen. Diese verschiedenen Grüntöne...

stimme
überhaupt
nicht zu

stimme
vollkommen
zu

... sind mir aufgefallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... konnte ich gut voneinander unterscheiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... wurden verständlich eingesetzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mir geholfen zu verstehen, welches Manöver gerade aktiv ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mir geholfen zu verstehen, welches Manöver gerade ausgewählt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mir geholfen zu verstehen, welche Manöver gerade verfügbar sind	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mir geholfen zu verstehen, welcher Parameter gerade verändert wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mich verwirrt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... sind überflüssig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben zur Vermeidung von Fehlern beigetragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben mich vom Verkehrsgeschehen abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haben Conduct-by-Wire aufgewertet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Der Manöverbereich unterteilt sich je nach Anzahl der verfügbaren Manöver in unterschiedlich große und unterschiedlich viele Teilbereiche.

Die Größe der Teilbereiche...	stimme überhaupt nicht zu							stimme vollkommen zu
... hat sich nachvollziehbar verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... hat eine einfache Auswahl der Manöver ermöglicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... war ausreichend, um die Symbole eindeutig zu erkennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... war ausreichend, um die Symbole schnell zu erkennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Die Anzahl der Teilbereiche...	stimme überhaupt nicht zu							stimme vollkommen zu
... hat sich nachvollziehbar verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anhang E Versuchsmaterialien zu Iteration 3

Nutzungsanforderungen für Iteration 3

Nutzungsanforderung an das Interaktionskonzept		Typ	Wert / Wertebereich
A. Während der manöverbasierten Fahrzeugführung			
A1	Die Eingabe von allen Manöverausprägungen (z.B. „ <i>halb links abbiegen</i> “) muss möglich sein.	FF	-
A2	Die Eingabe von Parametern muss möglich sein.	FF	-
A3	Keine Fahrereingabe führt zu einem undefinierten Systemzustand (vgl. ISO 15005:2002; DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A4	<i>Conduct-by-Wire</i> muss jederzeit deaktivierbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A5	Der Manöverzustand (aktiv, verfügbar etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A6	Der Parameterzustand (Wert/Stufe, verfügbare Stufen etc.) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
A7	Die Rückmeldung nach einer Befehlseingabe muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Befehlseingabe}} < 0,25\text{s}$
A8	Die Rückmeldung über die Ausführung eines Manövers durch das Fahrzeug muss innerhalb von 0,25s erfolgen (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Rückmeldung Manöverausführung}} < 0,25\text{s}$
A9	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Manövereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002).	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Manövereingabe}} < 1,5\text{s}$
A10	Die Blickzeit einzelner Blicke auf das Eingabegerät während einer Parametereingabe beträgt maximal 1,5s (vgl. Stevens et al., 2002)	BF	$t_{\text{Blick auf Eingabegerät, Parametereingabe}} < 1,5\text{s}$
A11	Die prozentuale Blickverteilung entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	-
A12	Die Anzahl der Blicke auf das Eingabegerät entspricht der der herkömmlichen Fahrzeugführung. (Anmerkung: da der Fahrer u.a. bei Systemfehlern die Fahrzeugführung auf Stabilisierungsebene übernehmen soll wird eine gleiche Blickverhalten angestrebt)	FF	$n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, herkömmlich}} = n_{\text{Blicke auf Eingabegerät, Conduct-by-Wire}}$

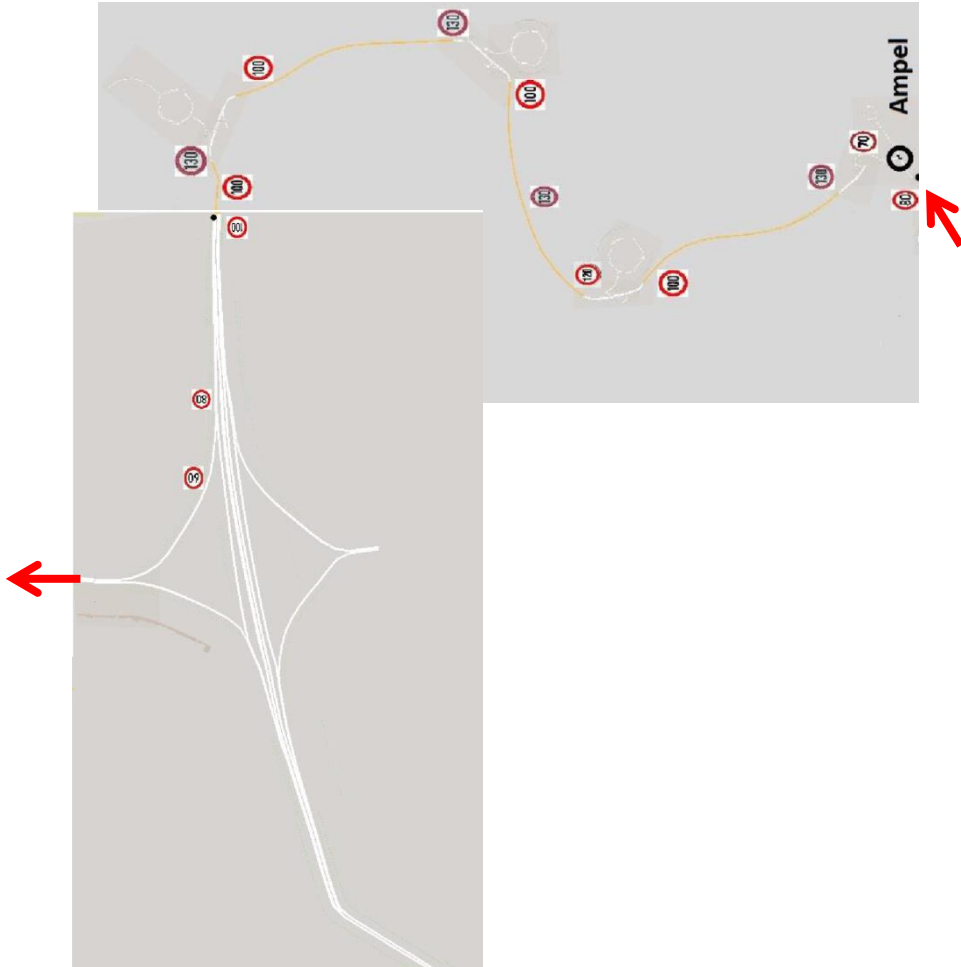
A13	Die Anzahl der falsch negativen Eingabefehler (<i>false negatives</i> ; keine Eingabe erkannt) muss weniger als 2% der Gesamtinteraktionen betragen. (Anmerkung: da das <i>Conduct-by-Wire</i> Fahrzeug aktiv Unfälle vermeidet, handelt es sich hierbei nicht um sicherheitskritische Interaktionen. Daher wird hier ein Vergleichswert für die Akzeptanz von Spracherkennungen aus Stevens et al., 2002 herangezogen.)	BF	$\frac{n_{\text{false negatives}}}{n_{\text{Eingabe gesamt}}} < 0,02$
A14	Falsch positive Eingabefehler (<i>false positives</i> ; andere Eingabe erkannt) dürfen nicht auftreten.	FF	$n_{\text{false negatives}} = 0$
A15	Die pragmatische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$PQ_{\text{herkömmlich}} \leq PQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
A16	Die hedonische Qualität entspricht mindestens die pragmatische Qualität der herkömmlichen Fahrzeugführung.	FF	$HQ_{\text{herkömmlich}} \leq HQ_{\text{Conduct-by-Wire}}$
A17	Der Fahrer muss über eine verzögerte Manöverausführung informiert werden (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
A18	Die Auswirkung des aktiven Manövers ist erkennbar.	FF	-
A19	Die Auswirkung eines Manövers ist vor der Beauftragung erkennbar.	FF	-
A20	Die erforderliche Interaktion zur Eingabe eines Manövers ist erkennbar.	FF	-
A21	Die Eingabe eines Manövers muss innerhalb von 2,9s möglich sein.	BF	-
B. Während der herkömmlichen manuellen Fahrzeugführung			
B1	Eingabe von Stabilisierungsbefehlen muss möglich sein.	FF	-
B2	Erfüllung sekundärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
B3	Ein Wechsel der Fahrzeugführungsart (manuell oder manöverbasiert) ist während der Fahrt möglich.	FF	-
C. Während beiden Fahrzeugführungsarten			
C1	Die aktive Fahrzeugführung (manuell oder manöverbasiert) muss jederzeit erkennbar sein (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C2	Erfüllung tertiärer Fahraufgaben muss möglich sein.	FF	-
C3	Dem Fahrer werden alle benötigten Informationen zum Führen des Fahrzeugs dargestellt (vgl. UNECE, 1968).	FF	-
C4	Alle Eingaben haben genau eine eindeutige Wirkung (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	FF	-
D. Allgemein			
D1	Unterhaltung mit dem Beifahrer muss während der Interaktion möglich sein.	FF	-
D2	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle ist benutzbar von Fahrerinnen und Fahrer mit einem gültigen Pkw-Führerschein der Bundesrepublik Deutschland.	FF	-
D3	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss an den Benutzer anpassbar sein (vgl. DIN EN ISO 9241-110).	FF	-
D4	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle lässt Handlungsänderungen des Nutzers zu (vgl. DIN EN ISO 9241-400).	W	-
D5	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss im Greifraums des Fahrers platziert sein (vgl. Stevens et al., 2002).	FF	-

D6	Die Mensch-Maschine-Schnittstelle muss so platziert sein, dass in keinem Interaktionszustand andere Anzeigen und Bedienelemente verdeckt werden (vgl. Driver Focus-Telematics Working Group, 2006; European Commission, 2008; Stevens et al., 2002)	FF	-
D7	Das Gesamtsystem (<i>Conduct-by-Wire</i> und das Interaktionskonzept) ist in maximal 10min erlernbar (Annahme des Autors).	BF	$t_{\text{Einlernzeit}} < 10\text{min}$

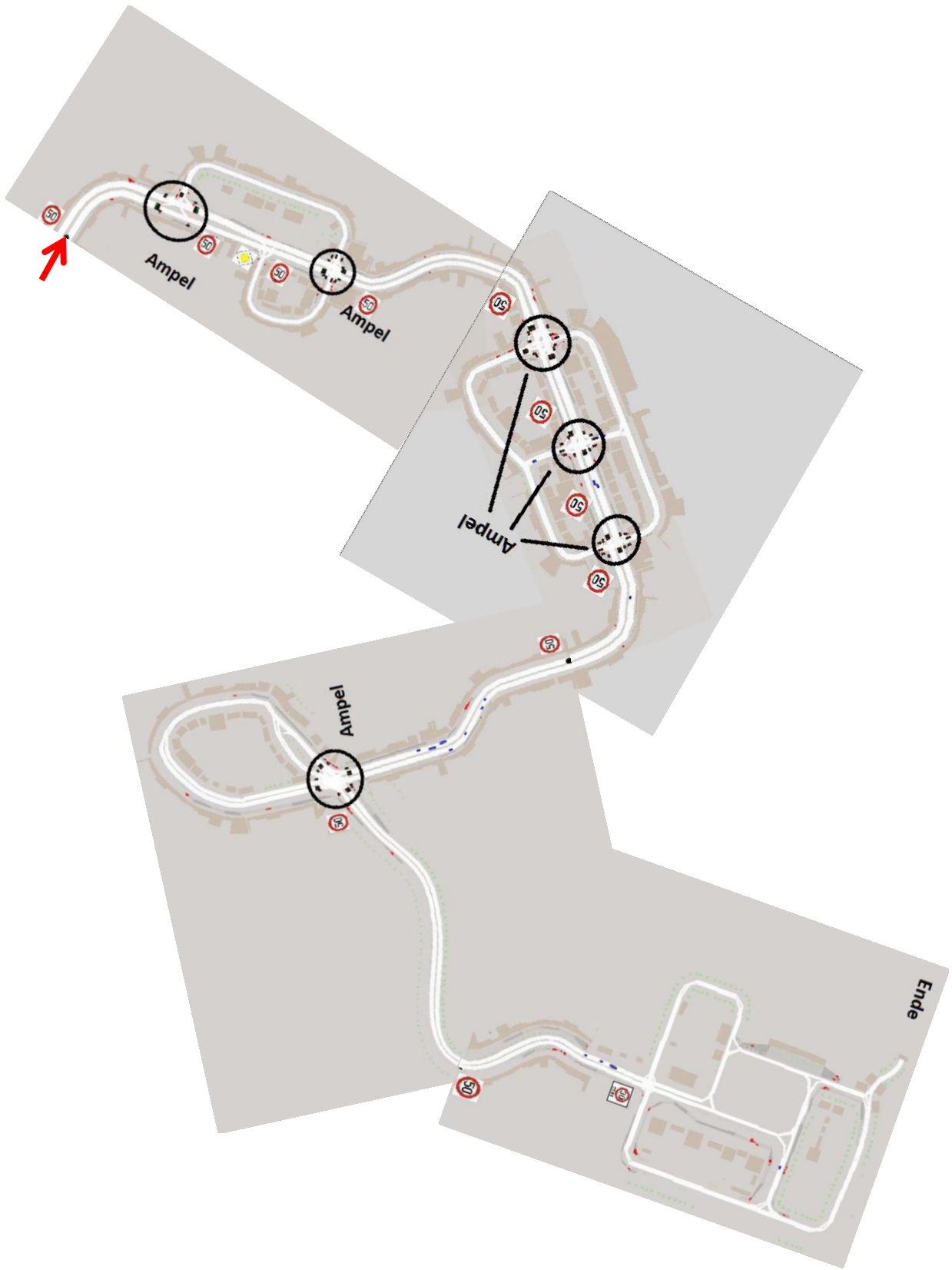


Übersicht über die Versuchsstrecken

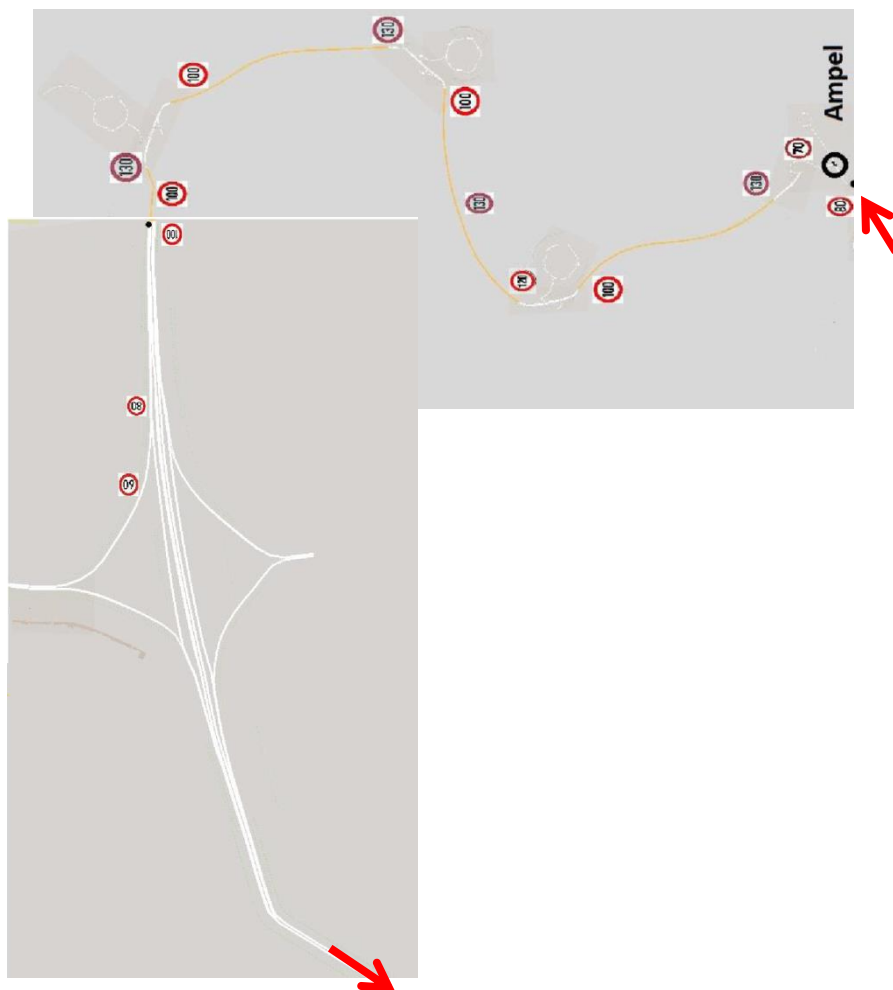
Fahrten a, b, c, e, g, h:







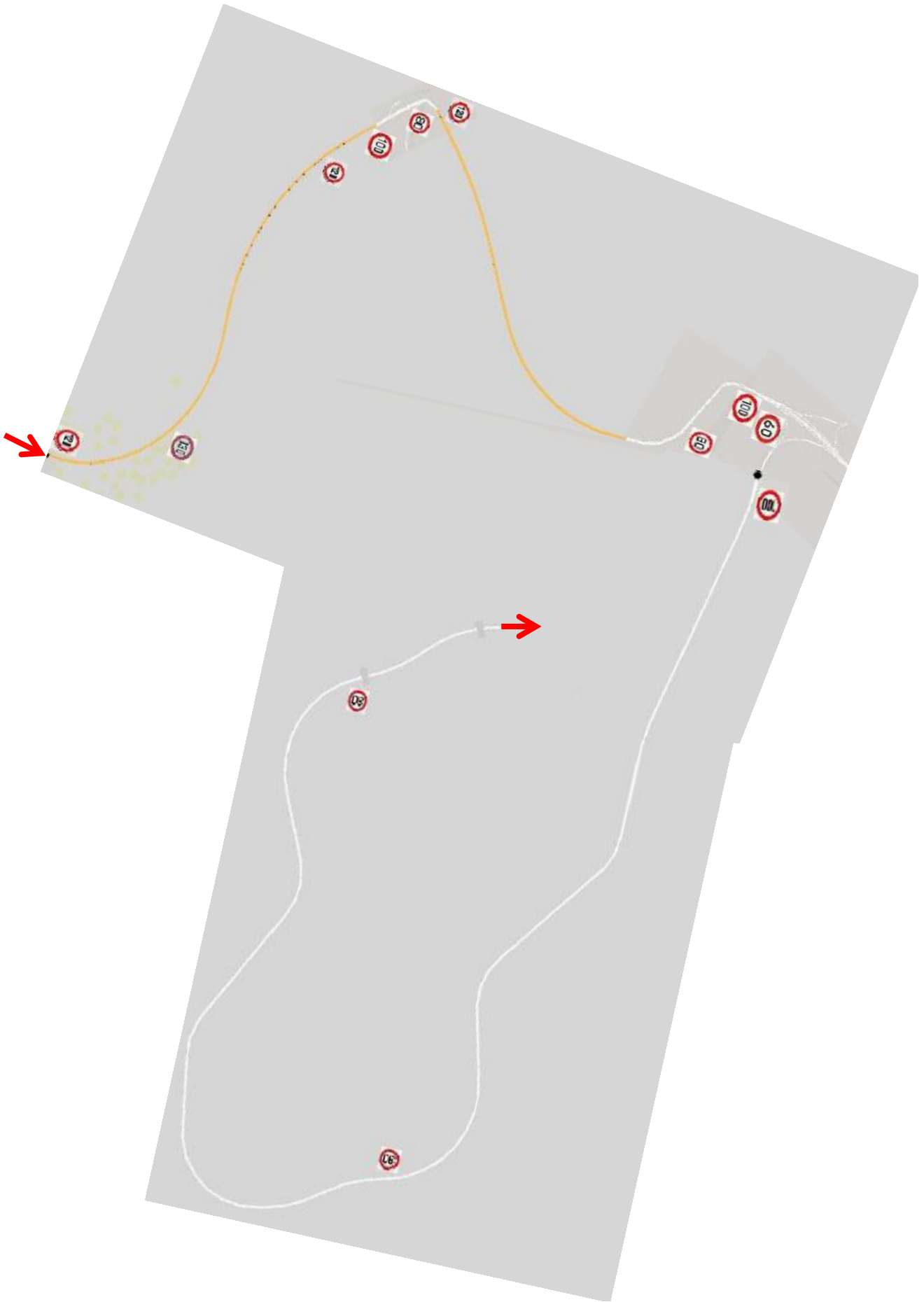
Fahrten d, f:

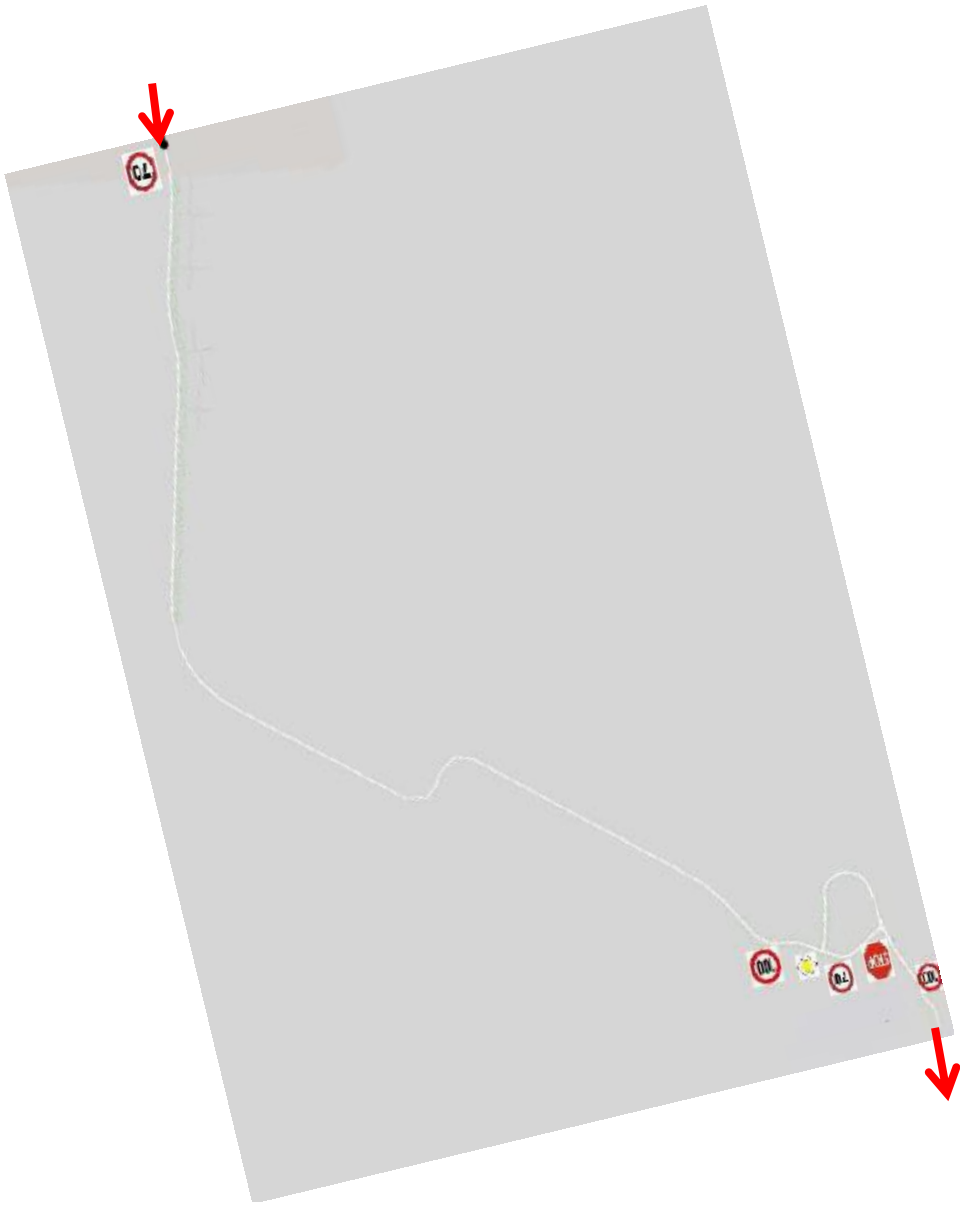


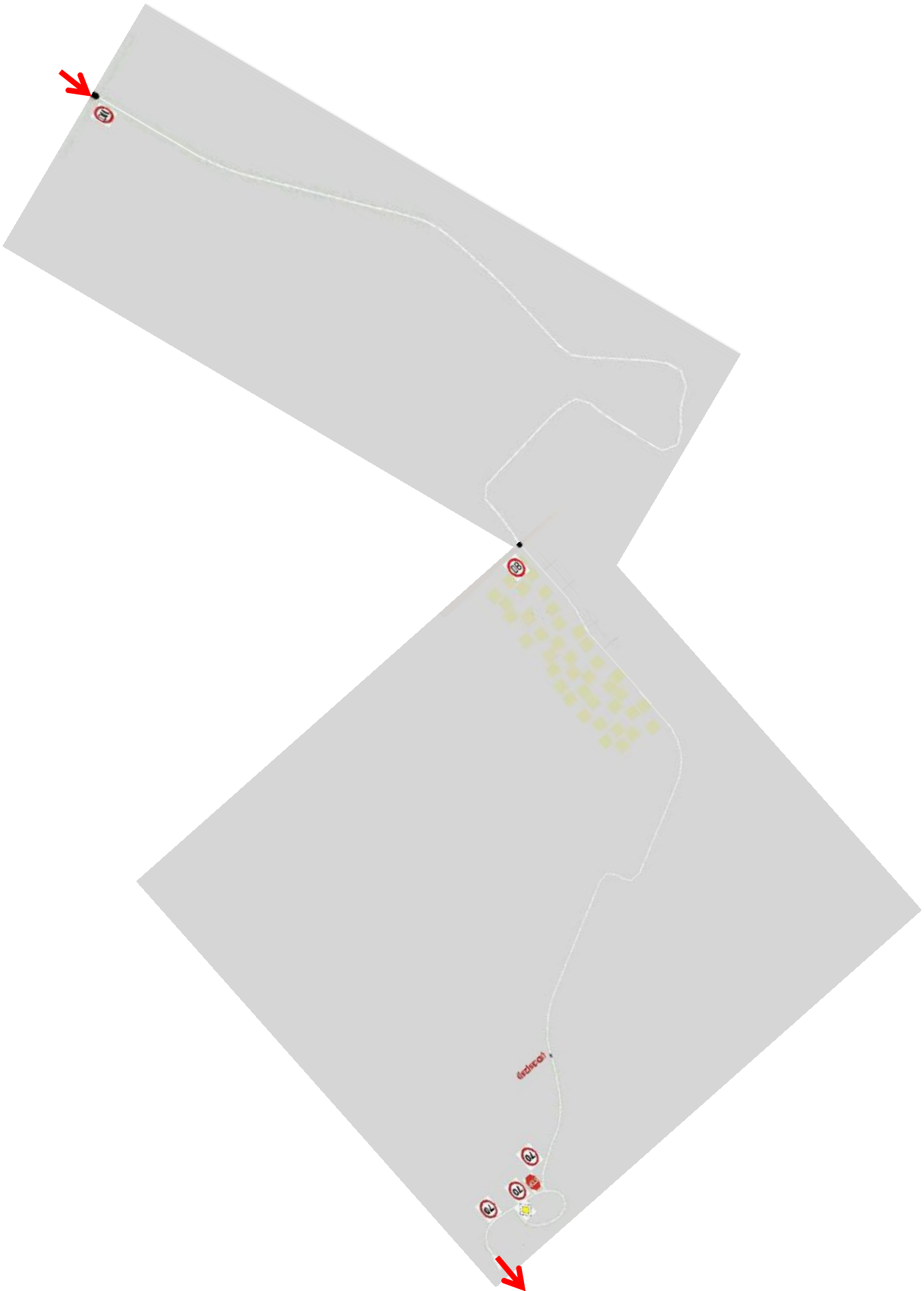
















Fragebogen und Erklärung der Mensch-Maschine-Schnittstellen

Conduct-by-Wire

Conduct-by-Wire (CbW) ist ein Fahrerassistenzsystem, das Ihnen ermöglicht, das Fahrzeug anhand von Manöverbefehlen (z.B. an der nächsten Kreuzung links Abbiegen) durch den Verkehr zu lenken. Eine Bedienung über Lenkrad und Pedale ist nicht mehr notwendig. Dabei erkennt das System andere Verkehrsteilnehmer, Verkehrsschilder und Ampeln. Auch aktuelle Geschwindigkeitsbegrenzungen werden vom System erkannt und automatisch eingehalten. Wenn Sie keine Eingabe tätigen, folgt das CbW-System automatisch der Vorfahrtsstraße und fährt an Rechts-vor-Links-Kreuzungen geradeaus weiter. Dabei passt das System die Fahrzeuggeschwindigkeit automatisch an die Streckengegebenheiten (z.B. enge Kurven) an. Alle weiteren Richtungsänderungen müssen Sie als Fahrer eingeben. Das System hält sich jedoch nicht selbstständig an das Rechtsfahrgebot und erlaubt Ihnen rechts zu überholen.

Es handelt sich bei Conduct-by-Wire um teilautonomes Autofahren. Das heißt, dass das System Sie bei einigen Ihrer Aufgaben unterstützt, aber nicht von der Überwachung des Verkehrs entbindet. Sie als Fahrer müssen zu jeder Zeit in der Lage sein, das Fahren zu übernehmen und manuell weiterzufahren. Sie schalten das System aus, in dem Sie Lenken oder Bremsen. Sobald das System ausgeschaltet ist, können Sie das Fahrzeug wie gewohnt über Lenkrad und Pedale steuern.

Anzeige beim Fahren mit Lenkrad und Pedalen

Wenn Sie zum ersten Mal in das Fahrzeug steigen, fahren Sie manuell. Das Head-up-Display entspricht dann Abbildung 1. Ihnen wird in der Mitte groß ihre aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit angezeigt. Rechts daneben finden Sie die aktuell zulässige Höchstgeschwindigkeit. Über den beiden Geschwindigkeiten befindet sich ein grüner Halbkreis mit einem Pfeil nach vorne. Dieser Pfeil entspricht dem Manöver der „Vorfahrtsstraße folgen“ mit dem Sie das CbW-System aktivieren können.

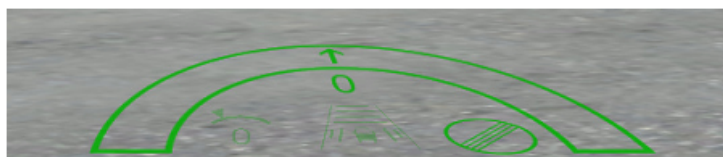


Abbildung 1

Aktivierung des CbW-Systems

Möchten Sie das CbW-System aktivieren, so legen Sie einen Finger auf das iPad in der rechten Armlehne. Erkennt das System Ihre Eingabe so verfärbt sich der innere Halbkreis der Anzeige hellgrün (Abbildung 2). Schieben Sie Ihren Finger dann nach oben in Richtung des Pfeils. Sobald Sie das Manöver „Vorfahrtsstraße folgen“ auswählen können, werden der entsprechende Bereich des Halbkreises sowie der Pfeil hellgrün (Abbildung 3) angezeigt. Zur Auswahl des Manövers heben Sie nun den Finger vom iPad ab.



Abbildung 2

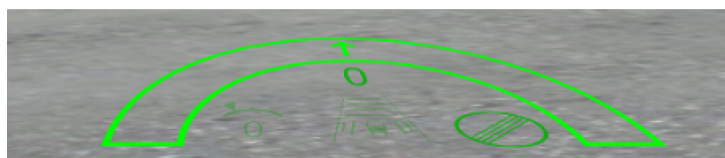


Abbildung 3

Das Conduct-by-Wire-System kann nur eingeschaltet werden, wenn Sie sich auf einer geraden Straße in der richtigen Richtung bewegen oder stehen. Halten Sie während des Einschaltens bitte das Lenkrad mit einer Hand fest und bremsen Sie nicht dabei. Sollten Sie das Conduct-by-Wire-System während der Fahrt anschalten, so wird Ihre aktuelle Geschwindigkeit als Wunschgeschwindigkeit übernommen. Sollten Sie das CbW-System aus dem Stillstand heraus aktivieren, so müssen Sie anschließend noch eine Wunschgeschwindigkeit angeben bevor das Fahrzeug losfährt.

Setzen einer Wunschgeschwindigkeit

Sie können Ihre Wunschgeschwindigkeit setzen, indem Sie vier Finger gleichzeitig auf das iPad auflegen (Abbildung 4). Schieben Sie dann Ihre Finger nach oben, erhöhen Sie Ihre Wunschgeschwindigkeit. Ziehen Sie Ihre Finger nach unten, so verringern Sie Ihre Wunschgeschwindigkeit. Sie können die Geschwindigkeit in 10km/h-, 5km/h- und 1km/h-Schritten einstellen. Je schneller Sie nach dem Auflegen mit der Bedienung beginnen, umso größer sind die Schritte in denen Sie die Geschwindigkeit ändern. Ihre aktuelle Wunschgeschwindigkeit wird Ihnen links unten im Halbkreis angezeigt (Abbildung 5).



Abbildung 4



Abbildung 5

Eingabe von Manövern und Parametern

Bei der Bedienung von Conduct-by-Wire können Sie dem Fahrzeug sowohl Manöver (z.B. abbiegen links) als auch Parameter (z.B. Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug) übergeben. Die auswählbaren Manöver ändern sich je nach Fahrsituation (z.B. wird nur dann ein Fahrstreifenwechsel nach rechts angeboten, wenn rechts von Ihnen ein Fahrstreifen ist), die einstellbaren Parameter bleiben jedoch gleich. Alle verfügbaren Manöver werden Ihnen in dem Halbkreis dargestellt. Dabei steht jeder Pfeil für ein auswählbares Manöver (Abbildung 6). Die beiden Parameter „Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug“ und „Position auf dem Fahrstreifen“ werden über Balken über bzw. links/rechts neben einem kleinen Fahrzeug in der Mitte des Head-up-Displays dargestellt (Abbildung 7).

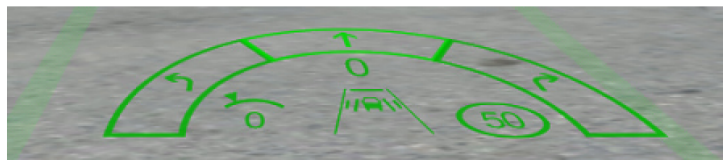


Abbildung 6

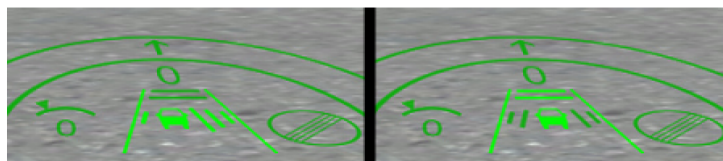


Abbildung 7

Die Übergabe von Manövern erfolgt immer mit einem Finger. Legen Sie hierzu einen Finger auf das iPad auf und bewegen Sie ihn in die Richtung Ihres gewünschten Manövers. Sobald Sie in den auswählbaren Bereich des Manövers kommen, wird dieser hellgrün hervorgehoben und eine Vorschau auf die zukünftige Fahrzeugspur dargestellt (Abbildung 8). Durch das Abheben des Fingers bestätigen Sie das ausgewählte Manöver. Möchten Sie kein Manöver auswählen, so bewegen Sie Ihren Finger wieder in die Mitte des Halbkreises. Ein Abheben des Fingers hier entspricht einem Abbruch der Interaktion. Sollte das von Ihnen ausgewählte Manöver nicht ausführbar sein (z.B. ein Fahrstreifenwechsel ist nicht möglich, weil ein Fahrzeug neben Ihnen fährt), so zeigt Ihnen das System durch eine durchgezogene rote Linie an. Zeitgleich wird Ihr Manöverwunsch für 10 Sekunden beibehalten. Sollte eine Ausführung in dieser Zeit nicht möglich sein, so verfällt die Manövereingabe. Das System gibt Ihnen jedoch wenige Sekunden vor Ablauf der Frist Bescheid, so dass Sie Ihren Manöverwunsch erneut eingeben können.

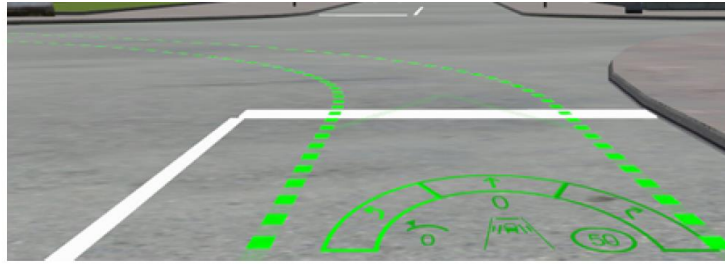


Abbildung 8

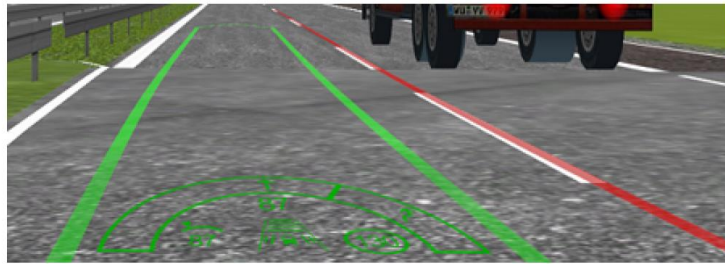


Abbildung 9

Die Übergabe von Parametern erfolgt mit mehreren Fingern. Wenn Sie den „Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug“ ändern möchten, so legen Sie zwei Finger auf das iPad auf und bewegen Sie diese nach oben oder unten (Abbildung 10). Sollten Sie Ihre „Position auf dem Fahrstreifen“ ändern wollen, so legen Sie zwei Finger auf und bewegen diese nach links oder rechts (Abbildung 11). Die Einstellung der Wunschgeschwindigkeit erfolgt mit vier Fingern (Abbildung 4). Während der Parameteränderung wird der entsprechende Parameter im Head-up-Display hervorgehoben (Abbildung 5 und 7).



Abbildung 10

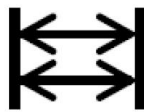


Abbildung 11

Ausschalten des Systems

Wenn Sie das Conduct-by-Wire-System ausschalten möchten, so können Sie dies machen indem Sie entweder Lenken oder Bremsen. Durch Gas geben lässt sich das System nicht ausschalten.

Zusatzerklärungen

Bei dieser Studie geht es um eine Bewertung des Conduct-by-Wire-Systems. Dazu werden wir Sie bitten einige Strecken entweder herkömmlich mit Lenkrad und Pedalen oder mit CbW zu fahren. Dabei sollten Sie so fahren, wie Sie es in Wirklichkeit auch machen würden. Bitte halten Sie sich an die Straßenverkehrsordnung und versuchen Sie die Strecke zügig zu fahren. Wenn Sie aufgefordert werden das CbW-System zu nutzen, versuchen Sie bitte möglichst den Großteil der Strecke mit dem aktivierten System zu bewältigen.

Auf allen Strecken wird Ihnen die zu fahrende Route durch „Ziel“-Schilder angezeigt. Diese Schilder kommen in unterschiedlichen Versionen vor (siehe Abbildungen 12-14). Bitte folgen Sie den Zielschildern.



Abbildung 12



Abbildung 13



Abbildung 14

Sie haben während der Studie die Möglichkeit Musik im Fahrzeug zu hören. Dazu können Sie ein eigenes Musikabspielgerät mitbringen. Dieses Gerät muss mit einem normalen Audiokabel (3,5 mm Klinenstecker) anschließbar sein. Wenn Sie ein Netzgerät mitbringen besteht die Möglichkeit, das Abspielgerät an das Stromnetz anzuschließen.

Stammdaten

Angaben zu Ihrer Person und Vorerfahrung

Alter:

Jahre

Geschlecht:

Weiblich Männlich

Welche gültige Fahrerlaubnis besitzen Sie?

- | | | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> Motorrad | Seit: | <input type="text"/> | Jahren. |
| <input type="checkbox"/> PKW | Seit: | <input type="text"/> | Jahren. |
| <input type="checkbox"/> LKW | Seit: | <input type="text"/> | Jahren. |
| <input type="checkbox"/> Bus | Seit: | <input type="text"/> | Jahren. |

Wie oft fahren Sie in der Woche?

1-2 3-4 >5 gar nicht

Wie lange sind Ihre gefahrenen Strecken im Schnitt?

km

Wie oft nutzen Sie die folgenden Fahrerassistenzsysteme?



	kenn ich nicht	nie	regelmäßig					
Totwinkelwarner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
ACC (Adaptive Cruise Control)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Tempomat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Lane Departure Warning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Lane Keeping Support	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Head-up-Display	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Wie häufig nutzen Sie Touchpads:

	kenn ich nicht	nie	regelmäßig					
Touchpads am Laptop	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Touchdisplays (Smartphone, Tablet-PCs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Gestensteuerung / Gestenerkennung (Wischgesten, Nintendo Wii)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Wie beurteilen Sie die Nutzung eines Touchpads?

Die Bedienung eines Touchpads fällt mir leicht.

trifft nicht zu trifft zu

Ich bevorzuge die Eingabe über ein Touchpad.

trifft nicht zu trifft zu

Die Handhabung eines Touchpads ist mir leichter zugänglich.

trifft nicht zu trifft zu

Fertig

Fragebogen ...

Beurteilung des Conduct-by-Wire Konzepts

Insgesamt ist das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire einfach zu benutzen.

trifft nicht zu

trifft zu

Durch die Nutzung des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire kann ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire ist gut in der Lage, die Fahraufgabe zu erfüllen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich fühle mich mit anderen Nutzern von einem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire zusammengehörig.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich halte mich für einen guten Autofahrer.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich stehe der Automation von menschlichen Aufgaben kritisch gegenüber.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire passt gut zu mir.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich kann die Fehler des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire vorhersehen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich war immer gut darüber informiert, was das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire gerade macht.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire fährt so, wie ich es erwartet habe.

trifft nicht zu

trifft zu

Durch die Verwendung des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire wird das Autofahren sicherer.

trifft nicht zu

trifft zu

Die Bedienung des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire fällt mir leicht zu lernen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich weiß, wann das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire nicht mehr in der Lage ist das Fahrzeug sicher zu führen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich würde das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire gerne regelmäßig nutzen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich glaube, durch das Zusammenwirken des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire und mir werden meine Fahrziele (z.B. schnell Ankommen oder Sprit sparen) besser erreicht.

trifft nicht zu

trifft zu

Auch in ungewohnten Situationen hat sich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire wie erwartet verhalten.

trifft nicht zu

trifft zu

Autofahren mit einem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire macht Spaß.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire entspricht meinen Wertvorstellungen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich bin mit der Ausführung der Manöver durch das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire zufrieden.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire macht wenig Fehler.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire hat alle Manöver bereitgestellt, die ich gebraucht habe.

trifft nicht zu

trifft zu

Mit dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire fiel es mir leichter, das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer vorherzusehen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire auf meine Befehle hin tun wird.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahren mit dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire hat sich wie eine Zusammenarbeit angefühlt.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich weiß, wo die Grenzen des Fahrzeugs mit Conduct-by-Wire liegen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich finde Autofahren mit dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire aufregend.

trifft nicht zu

trifft zu

Insgesamt vertraue ich dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire ist so gefahren, wie ich es getan hätte.

trifft nicht zu

trifft zu

Insgesamt finde ich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire gut.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire hat mich dabei unterstützt das Verkehrsgeschehen zu überblicken.

trifft nicht zu trifft zu

Insgesamt würde ich das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire akzeptieren.

trifft nicht zu trifft zu

Es war leicht, dem Fahrzeug ein Manöver (z.B. Fahrstreifenwechsel links) zu übergeben.

trifft nicht zu trifft zu

Es war leicht, dem Fahrzeug einen Parameter (z.B. Wunschgeschwindigkeit) zu übergeben.

trifft nicht zu trifft zu

Ich hatte das Gefühl, den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich hatte das Gefühl, den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.

trifft nicht zu trifft zu

Die Bedienung von Conduct-by-Wire lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.

trifft nicht zu trifft zu

Das Head-up-Display hat mich stark vom Verkehrsgeschehen abgelenkt.

trifft nicht zu

trifft zu

Mir war jederzeit klar, wohin ich meinen Finger bewegen muss, um das gewünschte Manöver auszuwählen.

trifft nicht zu

trifft zu

Mir fiel es leicht, den Bereich eines gewünschten Manövers zu treffen.

trifft nicht zu

trifft zu

Es fällt mir leicht mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit dem Fahrzeug mit Conduct-by-Wire erledige.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug mit Conduct-by-Wire entlastet mich beim Autofahren.

trifft nicht zu

trifft zu

HUD - Die Symbole im Head-up-Display haben während der Fahrt unterschiedliche Grüntöne angenommen.
Diese Grüntöne...

... sind mir aufgefallen.

trifft nicht zu

trifft zu

... konnte ich gut voneinander unterscheiden.

trifft nicht zu

trifft zu

... wurden verständlich eingesetzt.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mir geholfen zu verstehen, welche Manöver gerade aktiv ist.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mir geholfen zu verstehen, welches Manöver gerade ausgewählt ist.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mir geholfen zu verstehen, welche Manöver gerade verfügbar sind.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mir geholfen zu verstehen, welcher Parameter gerade verändert wird.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mich verwirrt.

trifft nicht zu

trifft zu

... sind überflüssig.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben zur Vermeidung von Fehlern beigetragen.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben mich vom Verkehrsgeschehen abgelenkt.

trifft nicht zu

trifft zu

... haben Conduct-by-Wire aufgewertet.

trifft nicht zu

trifft zu

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck von Conduct-by-Wire wieder.

menschlich

technisch

isolierend

verbindend

angenehm

unangenehm

originell

konventionell

einfach

kompliziert

fachmännisch

laienhaft

hässlich

schön

praktisch

unpraktisch

sympathisch

unsympathisch

umständlich

direkt

stilvoll

stillos

voraussagbar

unberechenbar

minderwertig

wertvoll

ausgrenzend

einbeziehend

bringt mich den
Leuten näher

trennt mich von
Leuten

nicht vorzeigbar

vorzeigbar

zurückweisend

einladend

phantasielos

kreativ

gut

schlecht

verwirrend

übersichtlich

abstoßend

anziehend

mutig

vorsichtig

innovativ

konservativ

lahm

fesselnd

harmlos

herausfordernd



motivierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	entmutigend
neuartig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	herkömmlich
widerspenstig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	handhabbar
Fertig								

Fragebogen ...

Beurteilung des manuellen Fahrens

Insgesamt ist das Fahrzeug einfach zu benutzen.

trifft nicht zu

trifft zu

Durch die Nutzung des Fahrzeugs kann ich deutlich zeigen, dass ich jemand Besonderes bin.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug ist gut in der Lage, die Fahraufgabe zu erfüllen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich fühle mich mit anderen Nutzern von so einem Fahrzeug zusammengehörig.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich halte mich für einen guten Autofahrer.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich stehe der Automation von menschlichen Aufgaben kritisch gegenüber.

trifft nicht zu

trifft zu

Dieses Fahrzeug passt gut zu mir.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich kann die Fehler des Fahrzeugs vorhersehen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich war immer gut darüber informiert, was das Fahrzeug gerade macht.

trifft nicht zu trifft zu

Das Fahrzeug fährt so, wie ich es erwartet habe.

trifft nicht zu trifft zu

Durch die Verwendung dieses Fahrzeugs wird das Autofahren sicherer.

trifft nicht zu trifft zu

Die Bedienung dieses Fahrzeugs fällt mir leicht zu lernen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich weiß, wann das Fahren mit dem Fahrzeug nicht mehr sicher ist.

trifft nicht zu trifft zu

Ich würde so ein Fahrzeug gerne regelmäßig nutzen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich glaube, durch das Zusammenwirken des Fahrzeugs und mir werden meine Fahrziele (z.B. schnell Ankommen oder Sprit sparen) gut erreicht.

trifft nicht zu

trifft zu

Auch in ungewohnten Situationen hat sich das Fahrzeug wie erwartet verhalten.

trifft nicht zu

trifft zu

Autofahren mit diesem Fahrzeug macht Spaß.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug entspricht meinen Wertvorstellungen.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug macht wenig Fehler.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahrzeug hat alle Unterstützung bereitgestellt die ich gebraucht habe.

trifft nicht zu

trifft zu

Mit diesem Fahrzeug fiel es mir leichter, das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer vorher zu sehen.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich weiß zu jedem Zeitpunkt, was das Fahrzeug auf meine Befehle hin tun wird.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Fahren mit diesem Fahrzeug hat sich wie eine Zusammenarbeit angefühlt.

trifft nicht zu trifft zu

Ich weiß, wo die Grenzen des Fahrzeugs liegen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich finde Autofahren mit diesem Fahrzeug aufregend.

trifft nicht zu trifft zu

Insgesamt vertraue ich diesem Fahrzeug.

trifft nicht zu trifft zu

Insgesamt finde ich das Fahrzeug gut.

trifft nicht zu trifft zu

Das Fahrzeug hat mich dabei unterstützt das Verkehrsgeschehen zu überblicken.

trifft nicht zu trifft zu

Insgesamt würde ich dieses Fahrzeug akzeptieren.

trifft nicht zu trifft zu

Ich hatte das Gefühl, den Blick oft von der Straße abwenden zu müssen.

trifft nicht zu trifft zu

Ich hatte das Gefühl, den Blick lange von der Straße abwenden zu müssen.

trifft nicht zu

trifft zu

Die Bedienung dieses Fahrzeugs lenkt vom Verkehrsgeschehen ab.

trifft nicht zu

trifft zu

Das Head-up-Display hat mich stark vom Verkehrsgeschehen abgelenkt.

trifft nicht zu

trifft zu

Es fällt mir leicht mir zu merken, wie ich bestimmte Aufgaben mit diesem Fahrzeug erledige.

trifft nicht zu

trifft zu

Dieses Fahrzeug entlastet mich beim Autofahren.

trifft nicht zu

trifft zu

Bitte geben Sie mit Hilfe der folgenden Wortpaare Ihren Eindruck vom manuellen Fahren wieder.

menschlich

technisch

isolierend

verbindend

angenehm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unangenehm
originell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	konventionell
einfach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	kompliziert
fachmännisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	laienhaft
hässlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	schön
praktisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unpraktisch
sympathisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unsympathisch
umständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	direkt
stilvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	stillos
voraussagbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unberechenbar

minderwertig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	wertvoll
ausgrenzend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	einbeziehend
bringt mich den Leuten näher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	trennt mich von Leuten
nicht vorzeigbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	vorzeigbar
zurückweisend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	einladend
phantasielos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	kreativ
gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	schlecht
verwirrend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	übersichtlich
abstoßend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	anziehend
mutig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	vorsichtig



innovativ konservativ

lahm fesselnd

harmlos herausfordernd

motivierend entmutigend

neuartig herkömmlich

widerspenstig handhabbar

Fertig

Vergleich

Bitte bewerten Sie nun das Fahren mit Conduct-by-Wire und das manuelle Fahren im Vergleich.

Die Position des Reglers gibt Ihre Gesamtbewertung des jeweiligen Systems wieder. Mit den Abständen zwischen den Reglern können Sie verdeutlichen wie viel besser / schlechter das eine System im Vergleich zu dem anderen ist.

Conduct-by-Wire

schwer zu bedienen  einfach zu bedienen

manuelles Fahren

schwer zu bedienen  einfach zu bedienen

Conduct-by-Wire

langweilig  unterhaltsam

manuelles Fahren

langweilig  unterhaltsam


Conduct-by-Wire

unkomfortabel  komfortabel

manuelles Fahren

unkomfortabel  komfortabel

Conduct-by-Wire

nicht intuitiv  intuitiv

manuelles Fahren

nicht intuitiv  intuitiv

Conduct-by-Wire

—

unsicher  sicher

manuelles Fahren

unsicher  sicher

Conduct-by-Wire

fehleranfällig  fehlerrobust


manuelles Fahren

fehleranfällig  fehlerrobust

Conduct-by-Wire

nicht vertrauenswürdig  vertrauenswürdig

manuelles Fahren

nicht vertrauenswürdig  vertrauenswürdig

Conduct-by-Wire

sehr schlecht  sehr gut

manuelles Fahren

sehr schlecht  sehr gut

Für welche Variante würden Sie sich insgesamt entscheiden?

Conduct-by-Wire

Conduct-by-Wire mit einem anderen
Bedien- / Anzeige-konzept

manuelle Steuerung
(Lenkrad und Pedale)



Bitte bewerten Sie durch Verschieben des Reglers wie Sie die Aufgabenteilung bei der Erfüllung der Fahraufgabe zwischen Ihnen als Fahrer und dem Fahrzeug wahrgenommen haben.

Conduct-by-Wire

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer



Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug

manuelles Fahren

Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz bei mir, dem Fahrer



Erfüllung der Fahraufgabe lag ganz beim Fahrzeug

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen:

Conduct-by-Wire hat mich im Vergleich zum normalen Fahren entlastet.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich beurteile Conduct-by-Wire als zuverlässig.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich hatte während der Versuche mit Conduct-by-Wire das Gefühl die Kontrolle des Fahrzeugs vollkommen aus der Hand gegeben zu haben.

trifft nicht zu

trifft zu

Bei der Fahrzeugführung mit Hilfe von Conduct-by-Wire hatte ich das Gefühl, eine Kooperation mit dem Fahrzeug eingegangen zu sein, sodass die Fahraufgabe gemeinsam (mit dem Fahrzeug) erledigt wurde.

trifft nicht zu

trifft zu

Ich hatte den Eindruck, dass die Fahrsicherheit mit Conduct-by-Wire höher ist als beim manuellen Fahren.

trifft nicht zu

trifft zu

Der Fahrkomfort mit Conduct-by-Wire hat sich im Vergleich zum manuellen Fahren erhöht.

trifft nicht zu

trifft zu

Der Fahrspaß mit Conduct-by-Wire hat sich im Vergleich zum manuellen Fahren erhöht.

trifft nicht zu

trifft zu

Die Aufmerksamkeit mit Conduct-by-Wire hat sich im Vergleich zum manuellen Fahren erhöht.

trifft nicht zu

trifft zu

Fertig