

Teilautomatisiertes Fahren via Sprachsteuerung: Erwartungen und Anforderungen

Henrik Detjen, Stefan Geisler, Maurizio Salini, Martin Wozniak, Colja Borgmann

Institut Informatik, Hochschule Ruhr West

{henrik.detjen, stefan.geisler}@hs-ruhrwest.de, {maurizio.salini, martin.wozniak, colja.borgmann}@stud.hs-ruhrwest.de

Zusammenfassung

Durch den technischen Fortschritt in der Spracherkennung und -verarbeitung wird Sprache als Interaktionsform auch in Fahrzeugen, z.B. zur Bedienung von Infotainmentsystem, immer populärer. Die Steuerung von teilautomatisierten Fahrzeugen über Sprache ist bisher wenig erforscht. Ziel dieser Arbeit ist es unter der grundsätzlichen Annahme der Eignung von Sprachsteuerung für teilautonome Fahrzeuge, Nutzererwartungen und spezielle Anforderungen an eine Sprachsteuerung für die grundlegenden Fahrmanöver zu identifizieren. Aus den Ergebnissen eines Expertenworkshops und einer explorativen Videostudie werden Anforderungen und Sprachkommandos abgeleitet.

1 Einleitung

Automatisierung verändert die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. Die Vielzahl heutiger Fahrerassistenzsysteme ermöglicht eine Entlastung des Fahrers von der Fahraufgabe. Gleichzeitig ergeben sich neue Herausforderungen, wie die Überforderung des Fahrers durch parallele Bedienung und das Verständnis der Funktionsweise einzelner Assistenzsysteme (Radlmayr et al., 2014). Eine mögliche Herangehensweise für diese Herausforderungen ist das Einführen eines globalen Bedienkonzeptes, das die einzelnen Fahrerassistenzsysteme verbindet. Manöverbasiertes Fahren (Winner & Hakuli 2006) stellt einen solchen Ansatz dar und lässt den Fahrer Entscheidungen auf taktischer Ebene durch die Auswahl bestimmter Manöver treffen.

Voraussetzung für eine Manöverschnittstelle ist ein Manöverkatalog, durch den der Fahrer Entscheidungen treffen kann. Der in dieser Untersuchung verwendete Manöverkatalog basiert auf den Arbeiten von Schreiber, Kauer & Bruder (2009), Schreiber et al. (2010) und Kauer, Schreiber & Bruder (2010) sowie Schreiber (2012). Vorteil dieses Kataloges ist, dass er aus einer Fahrer-zentrierten Perspektive entwickelt wurde mit dem Ziel einer hohen Erwartungskonformität, kurzen Eingabezeiten und wenigen Eingabefehlern. Die hier verwendeten Manöver sind „Starten“, „Bremsen“, „Stehenbleiben“, „Spurwechsel links“, „Spurwechsel rechts“, „Straße folgen“, „links abbiegen“, „rechts abbiegen“ und „Parken“.

Benutzerschnittstellen für die Manöver-basierte Fahrzeugführung finden sich in Kauer et al. (2010) und Franz (2014). Beide Schnittstellen haben gute Akzeptanzwerte und werden über Touch-Eingabe bedient. Die Anzeige der Manöver erfolgt bei Kauer et al. über einen im Lenkrad eingelassenen Touchscreen (direkte Auswahl der Manöver durch Tippen) und bei Franz auf der Windschutzscheibe via Head-Up Display (reduzierte Blickabwendung, Auswahl der Manöver über Touchpad an Armlehne).

Bei der Entwicklung der Schnittstellen wurden vier Anforderungen aufgestellt: 1. Zuverlässige Fahrereingaben ohne Interpretation (wie bei einer Sprachsteuerung), 2. Schnelle Eingaben (keine Menüstrukturen), 3. Information des Fahrers über alle möglichen Manöver, 4. Integrierbarkeit in ein heutiges Fahrzeug (Kauer, Schreiber & Bruder, 2010).

Ausschlusskriterien für eine Sprachsteuerung sind demnach die Anforderungen 1. und 4. Zum Zeitpunkt der Anforderungsanalyse war die Sprachtechnologie jedoch noch nicht so weit fortgeschritten wie heute. Die Erkennung von Manövern durch Sprache, wird zwar nie interpretations- und fehlerfrei sein, dennoch könnten durch moderne Sprachverarbeitungssysteme eine Vielzahl von Manöver- bzw. Aktionskommandos durch unterschiedlichste Stimmen robust formuliert werden. Wenn man dem Fahrer eine kleine Menge gut unterscheidbarer Sprachkommandos liefert, schrumpft der Interpretationsspielraum. Daher wird die Spracheingabe in naher Zukunft eine neue Möglichkeit zur Steuerung Manöver-basierter Fahrzeugführung sein.

Bei der Abbildung von Manövern auf Kommandos ist es erforderlich, dass jedes Manöver eindeutig einem Befehl zugeordnet werden kann. Die Kommandos sollten dabei einerseits möglichst gut dem natürlichen Sprachgebrauch entsprechen, andererseits aber zur Erfüllung der Anforderung 1 auch eine paarweise hohe phonetische Distanz aufweisen.

2 Verwandte Arbeiten

Ähnliche Bedienkonzepte existieren bereits für die Durchführung komplexer Manöver. Tscharn et al. (2017) kombinieren Sprach- und Gesteneingabe (Sprache: Manöverauswahl, Zeigegeste: Örtliche Konkretisierung) für komplexere Manöver bzw. nicht-kritische, spontane Interventionen (bestimmter Parkplatz, Freund aufsammeln, Autobahnabfahrt, Ausweichen). Die Evaluation gegenüber einer Touch/Gesten-Bedienung zeigte, dass die Eingabe mit Sprache und Geste als natürlicher, intuitiver und weniger belastend empfunden wird.

Für In-car Infotainment-Systeme kennt man bereits seit längerem Sprachsteuerung. Angelini et al. (2016) finden keinen Nachteil gegenüber Touch- und Gestenbedienung hinsichtlich Performance der Fahraufgabe, empfundener Usability, Belastung und emotionaler Einstellung. Barón & Green (2006) verglichen 15 Forschungsarbeiten zum Thema Sprachsteuerung für Kommunikations- und Infotainmentfunktionen im Fahrzeug. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass im Vergleich zu manueller Bedienung die Fahrleistung verbessert, die kognitive Inanspruchnahme reduziert und Blickabwendung von der Straße vermindert wird. Sprachsteuerung sei somit insgesamt sicherer. Eine Einschränkung wird bei Schnittstellen gesehen, die mehr als eine Eingabe benötigen (z.B. Telefonnummer wählen). Ob die

Spracheingabe in einer bestimmten Situation besser ist, hinge von der Implementierung der Funktion, der Situation und dem Fahrer ab.

Sánchez et al. (2017) zeigen, dass die Auswahl von einer Aktion aus mehreren möglichen Aktionen (hier: App-Start) mittels Sprachsteuerung in einem Head-Up-Display bevorzugt über den Namen der Aktion (Google Now Launcher) getätigt wird - im Vergleich zur Auswahl durch Zahlen (Google Voice Assistant), welche den Aktionen zugeordnet sind. Fahrmanöver sollten folglich ebenfalls durch direktes Sprechen des (Alias-)Namens gewählt werden können.

3 Zielsetzung und Methode

Die im vorangehenden Kapitel vorgestellten Arbeiten zeigen eine vergleichbare Nutzerakzeptanz der Sprachsteuerung zu der etablierten Touchscreenbedienung. Außerdem lassen sich für wohlüberlegte Interaktionskonzepte positive Effekte auf das Fahrverhalten und eine Entlastung des Fahrers feststellen. Eine Sprachbedienung bzw. eine multimodale Bedienung für Manöver-basiertes Fahren erscheint vor diesem Hintergrund ebenfalls sinnvoll. Ziel dieser Arbeit ist es, eine möglichst **intuitive Abbildung der Manöver** auf geeignete Sprachbefehle zu finden und **besondere Anforderungen** an eine solche Sprachschnittstelle zu identifizieren. Zur Erreichung der Ziele wurden an der Hochschule Ruhr West ein Expertenworkshop (realistische Vorstellung der Situation durch die Experten) und eine explorative videobasierte Nutzerstudie durchgeführt (realistische Vorstellung der Situation durch den Versuchsaufbau).

Expertenworkshop

Der Workshop wurde mit acht Mitarbeitern des Instituts Informatik durchgeführt. Alle Teilnehmer hatten einen technischen Abschluss (mind. Master). Die Ergebnisse sind aufgrund der Teilnehmerzahl nicht als repräsentativ zu verstehen. Dennoch können mögliche Problemstellungen im Vorfeld ausgemacht werden, sowie in einer qualitativen Analyse Tendenzen für Folgestudien abgeleitet werden.

Der Workshop begann mit einem 30-minütigem Vortrag zur Einführung in das Thema, um das für die spätere Arbeitsaufgabe notwendige Grundlagenwissen zu vermitteln. Nach Verständnisfragen und Diskussion wurde Arbeitsmaterial ausgeteilt. Es sollte u.a. für jedes Manöver ein bzw. mehrere passende Sprachbefehle gefunden werden. Außerdem wurden grundlegende Erwartungen sowie Bedenken an ein solches Interaktionskonzept erfasst (Freitext).

Explorative Videostudie

Zwanzig Probanden ($m=14$, $w=6$) im Alter von durchschnittlich 31.5 ($\sigma=13.1$) Jahren nahmen an der Studie teil. Neun Teilnehmer nutzten Sprachassistenzsysteme wie Siri oder Alexa, davon drei täglich und fünf mehrmals pro Woche für Anwendungen wie Google Suche, Smarthome, Radio, Navigation und Kommunikationsdienste (Anrufen, Antworten auf wichtige Nachrichten). Die Probanden waren alle mehr als zwei Jahre im Besitz eines gültigen Führerscheins und fuhren überwiegend 5.000-15.000 km pro Jahr ($n=10$).

Nach einer Einführung in das Thema Manöver-basiertes Fahren (ohne dabei explizit Manöver zu nennen) und einer Erklärung des Ablaufs wurde der Versuch gestartet. Die Studie wurde in einem echten, aber stehenden Fahrzeug (Tesla P60) durchgeführt. Vor dem Fahrzeug wurde eine Leinwand aufgebaut, auf der ein Video von einer autonomen Fahrt abgespielt wurde (siehe Abbildung 1 - links). Die Probanden bewerteten den Realismusgrad der Studie im Mittel mit 3.95 ($\sigma=1.15$, 1: sehr unrealistisch, 6: sehr realistisch). Die gezeigte Fahrstrecke deckte alle vorgesehenen Fahrmanöver mindestens einmal ab. Der Streckenverlauf bestand zum größten Teil aus Landstraßen und Autobahn.

Das Video der Strecke wurde abgespielt und an den Stellen, wo ein Fahrmanöver beginnt, für zehn Sekunden das zugehörige Symbol (Originalsymbole aus (Kauer et al. 2010)) eingeblendet (siehe Abbildung 1 - links, auf der Leinwand). Die Probanden wurden dazu aufgefordert, auf das Symbol mit einem geeigneten Befehl zu reagieren. Der Aufbau der Streckenabschnitte mit den Symboleinblendungen ist in Abbildung 1 (rechts) zu sehen. Nachteilig ist, dass die Abbildung über die Metapher des Symbols verfälscht werden kann, wenn diese nicht verständlich sind. Die textuelle oder verbale Beschreibung der Manöver wäre an der Stelle verständlicher, jedoch würde für die Spracheingabe eine starke Beeinflussung (Priming) stattfinden. Durch den Ansatz, die Abbildung durch die Präsentation von Symbolen und ohne Vorwissen zu erheben, werden Beeinflussungen weitestgehend vermieden. Zusätzlich wird so die Verständlichkeit der einzelnen Fahrmanöversymbole überprüft und evtl. schwierig zu fassende Symbole identifiziert. Zum Abschluss wurde ein weiterer Fragebogen ausgefüllt, der die Akzeptanz und Präferenzen der Probanden erfasste.

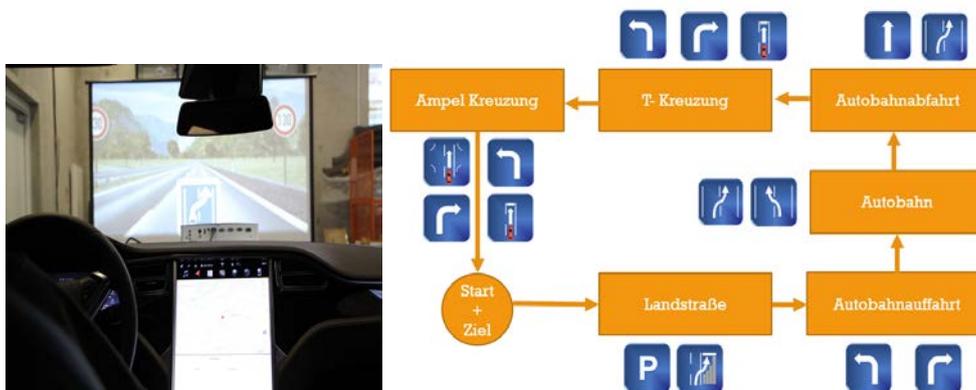


Abbildung 1: Versuchsaufbau und Ablauf der Testfahrt

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der beschriebenen Untersuchungen werden in Tabelle 1 dargestellt. Dabei wird reihenweise nach Manövern getrennt. Die Auswertung erfolgt für beide Untersuchungen zusammen und spaltenweise. Weitere relevante Beobachtungen zur Akzeptanz werden daran anschließend berichtet.

Manöver *	Anzahl Wörter **	Sprechzeit (s)	Häufige Formulierungen	Formulierungen und-Keywords ***
Expertenworkshop (n=8)				
Abbiegen	x=2.25 (max=3)	x=1.15 (max=1.9)	„Nächste Links“, „Rechts abbiegen“	(links rechts) (abbiegen <i>rein</i> [fahren])
Spurwechsel	x=2.55 (max=5)	x=1.53 (max=2.6)	„links rüber“, „Auf rechte Spur wechseln“	[Auf] (links rechts) (Spur [wechseln] <i>rüber</i>)
Geradeaus	x=1.4 (max=4)	x=1.4 (max=1.9)	„Geradeaus!“	geradeaus <i>nicht abbiegen</i>
Anfahren	x=1.3 (max=2)	x=0.77 (max=0.9)	„Starte“, „los geht's“	los[fahren] an[fahren] <i>go</i> <i>starten</i>
Zielbremsung am Haltestreifen	x=1.8 (max=5)	x=1.12 (max=2.1)	„Halt“, „Stopp“	(bremsen <i>stopp</i> halten) [an Streifen / Haltelinie]
Halten am Seitenstreifen	x=2.56 (max=4)	x=1.59 (max=2.4)	„rechts halten“	(rechts auf dem Seitenstreifen) (halten <i>ranfahren</i>)
Parken	x=1.73 (max=5)	x=1.09 (max=1.8)	„Parken“, „Parke in der nächsten Lücke“	[das Fahrzeug] [ein]parken
Geschwindigkeitsregelung	x=1.6 (max=3)	x=1.39 (max=4)	„schneller Fahren: 70“, „langsamer“	((schneller langsamer) [fahren]) ((beschleunigen drosseln) [auf x km/h]) <i>anhalten</i> <i>stopp</i>
Explorative Videostudie (n=20)				
Rechts abbiegen	x=1.9 (max=2)	x=1.41 (max=1.35)	„Rechts abbiegen“	Rechts [abbiegen]
Links abbiegen	x=2 (max=3)	x=1.45 (max=1.96)	„Links abbiegen“	Links [abbiegen]
Spurwechsel rechts	x=2.27 (max=5)	x=1.57 (max=2.25)	„Rechte Spur“, „Rechts einscheren“	[Auf Fahrbahn] Rechts [einordnen weiter Spur wechseln]
Spurwechsel links	x=2.29 (max=5)	x=1.59 (max= 2.5)	„Links ausscheren“, „Linke Spur“	[Auf Fahrbahn] Links [ausscheren rüber Spur fahren weiter]
Geradeaus	x=1.32 (max=3)	x=1.85 (max=3.08)	„Geradeaus weiter“, „Geradeaus“	[weiter] geradeaus [der Straße folgen fahren]
Anfahren	x=1.29 (max=3)	x=1.21 (max=3.12)	„Start“, „Losfahren“	Start <i>go</i> los[fahren] [Fahrt] beginnen
Zielbremsung am Haltestreifen	x=1.18 (max=4)	x=1.02 (max=2.45)	„Stopp“, „Anhalten“	Stopp Halt [an der Linie]
Halten am Seitenstreifen	x=2.18 (max=4)	x=1.695 (max=2.86)	„Rechts anhalten“, „Rechts ran“	Rechts ([an]halten <i>ran</i> [fahren] <i>stopp</i>)
Parken	x=1 (max=1)	x=0.86 (max=1.38)	„Parken“	[ein]parken

Tabelle 1: Ergebnisse der Studien

* Da die Gestaltungslösungen im Expertenworkshop für die Manöver „Abbiegen links/rechts“, sowie „Spurwechsel links/rechts“ sich bei den Teilnehmern abgesehen von der Richtungsangabe nicht unterschieden, wurden diese zusammengefasst. Die Einstellung der Geschwindigkeit wurde in der explorativen Studie nicht abgefragt.

*** Die Anzahl bzw. Länge der Wörter lässt noch keinen Rückschluss auf die Zeit zur Aussprache eines Befehls zu. Zur Ermittlung der Sprechzeit wurden die (transkribierten) Antworten durch eine neutrale Computerstimme (Google Voice) vorgelesen. Die minimale Länge aller Befehle liegt zwischen 1-2 Wörtern (~1s Sprechzeit), daher wurden nur die maximalen Phrasenlängen angegeben, welche die Obergrenze der Bedienzeit definieren.*

**** Die Keywords beschreiben aggregiert die Formulierungen der Teilnehmer (angegeben in EBNF). Abwandlungen ähnlicher Formulierungen wurden zusammengefasst, z.B. Fallunterscheidungen: „Rechts“ und „rechte“, Verbformen: „Fahr an“ und „anfahen“ oder Nominalisierungen: „Spurwechseln“ und „Spur wechseln“.*

Kursiv: Abweichungen ggü. dem Befehlsnamen (nur Workshop).

Länge: Die Länge der Sprachbefehle variiert je nach Manöver: Die gesprochene Länge liegt jedoch in allen Fällen unter vier Sekunden, im Durchschnitt sogar deutlich darunter (0.77s-1.92s) und kann mit der Bedienzeit von anderen Schnittstellen konkurrieren: Rümelin, S., & Butz (2013) berichten in ihrer Studie zur Bedienung von Radiofunktionen über verschiedene Eingabemodalitäten durch Berührung (Touchscreen, Drehregler) für alle Varianten eine durchschnittliche Bedienzeit von etwas über 2 Sekunden. Riener et al. (2013) untersuchten die berührungslose Bedienung (Freihandgesten) von Infotainment- und Fahrzeug-Funktionen im Fahrzeug und fanden Bedienzeiten zwischen ca. 1.6 und 2.4 Sekunden.

Formulierungen und Keywords: Die gelisteten Schlüsselwörter zeigen, dass sich die Sprachbefehle weitestgehend am Namen der Manöver orientieren. Auch die Abweichungen (kursiv markiert) sind meist synonyme, alltagssprachliche Formulierungen wie „links rüber“ oder „rechts ranfahren“. Erwähnenswert ist die Tatsache, dass auch umgekehrt („nicht abbiegen“ statt „geradeaus“) formuliert wurde. Die Teilnehmer verwendeten eine neutrale („links abbiegen“) bis auffordernde Sprache („Abbiegen – Links!“). Höflichkeitsformen wie „Bitte“ etc. wurden gar nicht angewandt. Die Manöver „Parken“, „Geradeaus“ und „Abbiegen“ wurden oft mit einer Orts-/Zeitangabe („hier“, „jetzt“, „demnächst“) eingeleitet. Der Befehl für die Manöver „Spurwechsel“ und „Abbiegen“ wurde in verkürzter Form nur durch Richtungsangabe realisiert („rechts“/„links“). Dies scheint auf den ersten Blick problematisch, da es der Forderung nach Eindeutigkeit widerspricht. In der Praxis können Sie jedoch nicht gleichzeitig vorkommen. Das System kann somit jederzeit durch Einbezug des Kontexts „rechts [abbiegen]“ von „rechts [rüber]“ unterscheiden.

Im Workshop wurde auch die Einstellung der Geschwindigkeit abgefragt. Hierbei zeigte sich ein unterschiedlicher Eingabestil: Einige Teilnehmer machten explizite Wertvorgaben („Fahre x km/h“), andere überließen dem System Interpretationsraum („langsamer“).

Akzeptanz: Während der Diskussion im Workshop wurde von den Teilnehmern vor allem die Akzeptanz der Fahrer für eine Sprachschnittstelle als kritischer Faktor hervorgehoben. Die überwiegende Mehrheit der Teilnehmer konnte sich die Interaktion mittels Sprache für Manöver-basiertes Fahren vorstellen („Man kann einem Menschen ebenfalls den Weg beschreiben“). Zwei Teilnehmer konnten es sich nur eingeschränkt vorstellen („Außengeräusche“ und „Unterhaltungen“) und ein Weiterer wollte lieber selbst fahren.

In der Videostudie wurden die Teilnehmer auch jeweils vor und nach dem Versuch gefragt, wie gut sie sich die Sprachsteuerung für den Einsatz im Fahrzeug vorstellen könnten. Vor dem Versuch lag die Zustimmung (5=Zustimmung, 1=keine Zustimmung) für eine Sprachsteuerung bei 2.85 ($\sigma=1.107$) und danach bei 3.65 ($\sigma=1.107$), d.h. insgesamt verbesserte sich durch den Versuch die Einstellung der Probanden. Bei nur zwei Teilnehmern verschlechterte sich die

Bewertung, vier bewerteten identisch und 14 Teilnehmer bewerteten die Steuerung besser als zuvor. Die im Versuch erlebte Sprachsteuerung wurde gut bewertet (1=sehr schlecht, 6=sehr gut; $\bar{x}=4.65$, $\sigma=1.108$).

5 Fazit & Ausblick

Insgesamt zeigt sich, dass die Ergebnisse für die Abbildung aus dem Expertenworkshop mehr Varianz hatten, dennoch vergleichbar mit denen der Videostudie waren. Für die Abbildung der Befehle auf Manöver ist der Faktor Zeit und der Faktor Expertise somit nicht unbedingt ausschlaggebend. Die Daten aus beiden Methoden haben den Vorteil, dass die Antworten im Gegensatz zu z.B. Online-Studien durch ein hohes Bewusstsein für die Situation (Expertise/Versuchsaufbau) geprägt sind und so eine hohe Validität erreicht wird.

In der Videostudie wurden existierende Manöversymbole gezeigt und die Reaktion der Probanden darauf gemessen. Die Symbole sind größtenteils intuitiv verständlich. Anfahr- und Haltemanöver benötigen eine kurze Erläuterung. Der zeitliche Abstand zwischen der Ausführung von zwei Manövern war in der Studie relativ groß. In Folgestudien sollte auch eine engere Taktung zwischen Manövern betrachtet werden (z.B. „Spurwechsel links“ direkt gefolgt „Links abbiegen“, wird hier noch eine Trennung vorgenommen? Können solche Manöver ab einem bestimmten Abstand zusammengefasst werden?).

Es wurden zusammengefasst folgende Anforderungen für die Implementierung einer Manöversteuerung mittels Spracherkennung definiert:

- Die Befehle müssen maschinell hoch zuverlässig unterscheidbar sein.
- Die Eingabe und Verarbeitung muss hinreichend schnell erfolgen.
- Die Sprachbefehle sollten natürlich, d.h. auf vielfältige Art und Weise, auszusprechen sein inkl. Umgangs- bzw. Alltagssprache und Negativ- bzw. Umkehrformulierung.
- Die Manöverauswahl sollte direkt über den Namen und nicht indirekt über Zahlen (z.B. Reihenfolge in der zugehörigen GUI) erfolgen.
- Die Fahrparametereingabe sollte explizite und implizite Werteingaben zulassen.

Die aus den Studien identifizierten Schlüsselwörter und Formulierungen können als Grundlage für ein Spracherkennungssystem verwendet werden und durch eigene Ergänzungen erweitert werden (Synonyme Ausdrücke und Begriffe, z.B. über Wörterbücher, Herstellung größerer Konsistenz). Ein Beispiel für eine einfache, eindeutige Zuordnung: Abbiegen / Spurwechsel => „Rechts“ | „Links“, Geradeaus => „Geradeaus“, Anfahren => „Los“, Zielbremsung am Haltestreifen => „Stopp“, Halten am Seitenstreifen => „Rechts ranfahre“, Parken => „Parken“. Eine Abbildung sollte hinsichtlich der Anforderungskriterien validiert werden, z.B. über einen Test der Sprachsteuerung in verschiedenen Fahrscenarien am Fahrsimulator.

Die Akzeptanz für eine Sprachsteuerung für Manöver-basiertes Fahren ist generell als hoch einzuschätzen. Durch das persönliche Erfahren einer Sprachsteuerung, steigt auch die Bereitschaft diese zu nutzen.

Literaturverzeichnis

- Angelini, L., Baumgartner, J., Carrino, F., Carrino, S., Caon, M., Khaled, O. A., ... & Sonderegger, A. (2016). A comparison of three interaction modalities in the car: gestures, voice and touch. In *Actes de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine* (pp. 188-196). ACM.
- Barón, A., & Green, P. (2006). Safety and usability of speech interfaces for in-vehicle tasks while driving: A brief literature review (No. UMTRI-2006-5). Univ. of Michigan, Transportation Research Institute.
- Franz, B. (2014). Entwicklung und Evaluation eines Interaktionskonzepts zur manöverbasierten Führung von Fahrzeugen (Doctoral dissertation, Technische Universität).
- Kauer, M., Schreiber, M., & Bruder, R. (2010). How to conduct a car? A design example for maneuver based driver-vehicle interaction. In *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010 IEEE* (pp. 1214-1221).
- Radlmayr, J., Gold, C., Lorenz, L., Farid, M., & Bengler, K. (2014). How traffic situations and non-driving related tasks affect the take-over quality in highly automated driving. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 58, No. 1, pp. 2063-2067). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Riener, A., Ferscha, A., Bachmair, F., Hagmüller, P., Lemme, A., Muttenthaler, D., ... & Weger, F. (2013). Standardization of the in-car gesture interaction space. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 14-21). ACM.
- Rümelin, S., & Butz, A. (2013). How to make large touch screens usable while driving. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 48-55). ACM.
- Sánchez, J. A., Melendi, D., Pozueco, L., Pañeda, X. G., & García, R. (2017). Feasibility analysis of the usage of head-up display devices and speech recognition in real vehicular environments. *Universal Access in the Information Society*, 1-17.
- Schreiber, M., Kauer, M., & Bruder, R. (2009). Conduct by wire-maneuver catalog for semi-autonomous vehicle guidance. In *Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE* (pp. 1279-1284). IEEE.
- 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), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 3683-3689). IEEE.
- Schreiber, M. (2012). Konzeptionierung und Evaluierung eines Ansatzes zu einer manöverbasierten Fahrzeugführung im Nutzungskontext Autobahnfahrten (Doctoral dissertation, Technische Universität).
- Tscharn, R., Latoschik, M. E., Löffler, D., & Hurtienne, J. (2017). "Stop over there": natural gesture and speech interaction for non-critical spontaneous intervention in autonomous driving. In *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 91-100). ACM.
- Winner, H., & Hakuli, S. (2006). Conduct-by-wire—following a new paradigm for driving into the future. In *Proceedings of FISITA world automotive congress* (Vol. 22, p. 27).