

# Vom Transportmittel zum rollenden Computer – Interaktion im Auto

B. Pfleging · S. Schneegass  
D. Kern · A. Schmidt

## Einleitung

Moderne Autos sind weit mehr als ein reines Transportmittel, schon seit Längerem bieten sie dem Fahrer<sup>1</sup> mehr Möglichkeiten als von einem Ort zum anderen zu gelangen. Neben Komfortfunktionen (z. B. Klimatisierung) und Möglichkeiten zur Unterhaltung (Radio, MP3-Bibliotheken) finden auch immer mehr Kommunikationsschnittstellen den Weg ins Auto. Kam zunächst die Freisprecheinrichtung ins Auto, ist heute auch der Zugriff auf Terminkalender, das Internet sowie der Zugriff auf Nachrichten (u. a. E-Mail, SMS) möglich. Damit entwickelt sich das Auto hin zu einem Büro auf Rädern, mit dem die Fahrer „nebenbei“ noch ans Ziel gelangen.

Im Gegensatz zur Arbeit am Schreibtisch bestehen im Auto andere Anforderungen an die Benutzungsschnittstelle: Am Schreibtisch ist die Arbeit mit dem Computer die Hauptaufgabe, die beliebig oft und lange von Nebenaufgaben unterbrochen werden kann. Im Auto hingegen ist die Interaktion „mit dem Computer“ nur eine Nebenaufgabe [1]: Das Führen des Autos selbst ist die Hauptaufgabe. Um die Fahrsicherheit nicht zu beeinträchtigen, sollte diese Aufgabe nur möglichst selten und kurz unterbrochen werden. Insbesondere muss die (visuelle) Aufmerksamkeit des Fahrers auf den Straßenverkehr gerichtet sein. Ein wichtiger Forschungsaspekt im Bereich automobiler Benutzungsschnittstellen ist daher die Gestaltung und Erprobung neuer Interaktionstechniken zur Bedienung verschiedenster

Fahrzeugfunktionen, ohne den Fahrer dabei zu stark von der Fahraufgabe abzulenken.

## Fahrerablenkung und aktuelle Herausforderungen

Wie wichtig es ist, die Fahrerablenkung gering zu halten, lässt sich zum Beispiel daran erkennen, welche Auswirkungen das Telefonieren auf das Autofahren hat: Während eines Telefonats im Auto besteht ein bis zu viermal höheres Unfallrisiko [8]. Aber auch andere Nebenaufgaben lenken den Fahrer ab, wie beispielsweise die Bedienung des Navigationssystems, Essen und Trinken oder selbst die Kommunikation mit Beifahrern.

Besondere Anforderungen entstehen bei der Bedienung der Vielzahl an Funktionen im Auto: Der Fahrerarbeitsbereich ist begrenzt und der Fahrer soll weder abgelenkt noch den Überblick über die Steuerelemente verlieren. In den letzten Jahren haben daher neuartige Bedienelemente und -konzepte den Weg ins Auto gefunden. So kann heute in Autos oft per Sprache oder beispielsweise über Touchscreens und multifunktionale Dreh- und Drücksteller (z. B. BMW iDrive, Audi MMI Controller) mit dem Auto interagiert werden. Die Funktionen sind dabei häu-

DOI 10.1007/s00287-014-0804-6  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

B. Pfleging · S. Schneegass · A. Schmidt  
Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme,  
Universität Stuttgart,  
Paffenwaldring 5a, 70569 Stuttgart  
E-Mail: {bastian.pfleging, stefan.schneegass,  
albrecht.schmidt}@vis.uni-stuttgart.de

D. Kern  
GESIS Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften,  
Unter Sachsenhausen 6–8, 50667 Köln  
E-Mail: dagmar.kern@gesis.org

<sup>1</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird ausschließlich die männliche Form verwendet. Personen weiblichen wie männlichen Geschlechts sind darin gleichermaßen eingeschlossen.

This is the authors' version of the work. It is posted here for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published at:

Bastian Pfleging, Stefan Schneegass, Dagmar Kern, Albrecht Schmidt: Vom Transportmittel zum rollenden Computer – Interaktion im Auto. *Informatik-Spektrum* 37 (5), October 2014, P. 1-5, Springer Berlin Heidelberg, DOI:10.1007/s00287-014-0804-6, <http://dx.doi.org/10.1007/s00287-014-0804-6>

On the following pages, you can find the author-prepared manuscript of this article. The final version can be found online at <http://link.springer.com/article/10.1007/s00287-014-0804-6>.

Vom Transportmittel zum rollenden Computer – Interaktion im Auto

B.Pfleging\*, S. Schneegass\*, D. Kern<sup>#</sup>, A. Schmidt\*

\*Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 5a

70569 Stuttgart

<sup>#</sup>GESIS Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Unter Sachsenhausen 6-8

50667 Köln

bastian.pfleging@vis.uni-stuttgart.de, stefan.schneegass@vis.uni-stuttgart.de, dagmar.kern@gesis.org,

albrecht.schmidt@vis.uni-stuttgart.de

### Zusammenfassung

Viele Autofahrer heutzutage stehen vor der Herausforderung, ein Fahrzeug zu führen und gleichzeitig das darin befindliche Computersystem bedienen zu wollen. Eine Fülle von Komfort-, Entertainment- und Kommunikationsmöglichkeiten soll das Autofahren zu einem Erlebnis machen. Bedient ein Fahrer diese Funktionen beim Fahren, wird er von seiner Hauptaufgabe – dem Fahren – abgelenkt. Aus diesem Grund beschäftigt sich Forschung im Bereich Benutzungsschnittstellen für Fahrzeuge mit neuartigen Interaktionskonzepten, die es erlauben, Nebenaufgaben im Fahrzeug sicher und mit wenig Ablenkung zu erledigen.

### Abstract

Today, many car drivers face the challenge to maneuver a car and simultaneously operate in-car computer systems. The driver adjusts the climate control unit, selects a music title, enters navigation destinations, etc. However, interacting with those functions distracts the driver from his primary task – driving the car. Therefore, research on automotive user interfaces focuses on interaction concepts enabling the driver to interact with the system in a safe and less distracting manner.

## Einleitung

Moderne Autos sind weit mehr als ein reines Transportmittel, schon seit Längerem bieten sie dem Fahrer<sup>1</sup> mehr Möglichkeiten als von einem Ort zum anderen zu gelangen. Neben Komfortfunktionen (z.B. Klimatisierung) und Möglichkeiten zur Unterhaltung (Radio, MP3-Bibliotheken) finden auch immer mehr Kommunikationsschnittstellen den Weg ins Auto. Kam zunächst die Freisprecheinrichtung ins Auto, ist heute auch der Zugriff auf Terminkalender, das Internet sowie der Zugriff auf Nachrichten (u.a. E-Mail, SMS) möglich. Damit entwickelt sich das Auto hin zu einem Büro auf Rädern, mit dem die Fahrer „nebenbei“ noch ans Ziel gelangen.

Im Gegensatz zur Arbeit am Schreibtisch bestehen im Auto andere Anforderungen an die Benutzungsschnittstelle: Am Schreibtisch ist die Arbeit mit dem Computer die Hauptaufgabe, die beliebig oft und lange von Nebenaufgaben unterbrochen werden kann. Im Auto hingegen ist die Interaktion „mit dem Computer“ nur eine Nebenaufgabe [1]: Das Führen des Autos selbst ist die Hauptaufgabe. Um die Fahrsicherheit nicht zu beeinträchtigen, sollte diese Aufgabe nur möglichst selten und kurz unterbrochen werden. Insbesondere muss die (visuelle) Aufmerksamkeit des Fahrers auf den Straßenverkehr gerichtet sein. Ein wichtiger Forschungsaspekt im Bereich automobiler Benutzungsschnittstellen ist daher die Gestaltung und Erprobung neuer Interaktionstechniken zur Bedienung verschiedenster Fahrzeugfunktionen, ohne den Fahrer dabei zu stark von der Fahraufgabe abzulenken.

## Fahrerablenkung und aktuelle Herausforderungen

Wie wichtig es ist, die Fahrerablenkung gering zu halten, lässt sich zum Beispiel daran erkennen, welche Auswirkungen das Telefonieren auf das Autofahren hat: Während eines Telefonats im Auto besteht ein bis zu viermal höheres Unfallrisiko [2]. Aber auch andere Nebenaufgaben lenken den Fahrer ab, wie beispielsweise die Bedienung des Navigationssystems, Essen und Trinken oder selbst die Kommunikation mit Beifahrern.

Besondere Anforderungen entstehen bei der Bedienung der Vielzahl an Funktionen im Auto: Der Fahrerarbeitsbereich ist begrenzt und der Fahrer soll weder abgelenkt noch den Überblick über die Steuerelemente verlieren. In den letzten Jahren haben daher neuartige Bedienelemente und -konzepte den Weg

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird ausschließlich die männliche Form verwendet. Personen weiblichen wie männlichen Geschlechts sind darin gleichermaßen eingeschlossen.

ins Auto gefunden. So kann heute in Autos oft per Sprache oder beispielsweise über Touchscreens und multifunktionale Dreh- und Drücksteller (z.B. BMW iDrive, Audi MMI Controller) mit dem Auto interagiert werden. Die Funktionen sind dabei häufig in hierarchischen Menüs abgelegt. Das hat zur Folge, dass der Zugriff auf bestimmte Funktionen das Navigieren über verschiedene Menüebenen erforderlich macht und somit eine höhere Ablenkung bedeutet. Eine Herausforderung für die Forschung im Bereich automobiler Benutzungsschnittstellen ist es, einen Ausgleich zwischen schnellen Zugriffen auf häufig genutzte Funktionen und der Übersichtlichkeit und Verständlichkeit des Systems zu finden. Zu diesem Zweck sind neuartige Interaktionstechniken auf ihre Gebrauchstauglichkeit im Fahrzeug zu überprüfen. Ähnlich wie Sprachsteuerung können z.B. Gesten einen direkteren Einstieg zu den Funktionen bieten.

Aktuelle Forschung betrachtet daher die verschiedenen Aspekte der Interaktion im Auto, was z.B. auch die Themen der fachspezifischen Konferenz AutomotiveUI<sup>2</sup> zeigen. Der Bogen reicht hier von grundlegenden Betrachtungen des Interaktions- und Gestaltungsraums für Bediensysteme [3] über Untersuchungen zur Fahrerablenkung und verschiedene Arten der Interaktion und Interaktionstechniken [4, 5] bis hin zur Diskussion und Untersuchung von Aspekten des Fahrerlebnisses [6].

Unsere Arbeitsgruppe beschäftigt sich in diesem Kontext ganz konkret mit expliziten und impliziten multimodalen Interaktionsmöglichkeiten, um die Fahrerablenkung gering zu halten und das Nutzererlebnis zu maximieren. Im Folgenden werden exemplarisch drei unserer Projekte vorgestellt.

## Multimodale Eingabe: Sprache kombiniert mit Gesten

Man spricht von multimodaler Interaktion, wenn der Anwender mehrere Ein- bzw. Ausgabemodalitäten gleichzeitig, nacheinander oder alternativ verwenden kann. Aber sowohl Spracheingabe als auch haptische Eingabe im Fahrzeug haben Nachteile: Der Platz für Knöpfe zum schnellen, direkten Zugriff auf Funktionen ist sehr beschränkt. Daher sind (weniger wichtige) Funktionen oft nur über hierarchische Menüs erreichbar, was eine längere Bedienzeit erfordert. Im Gegensatz dazu erfordert Spracheingabe im Auto bisher oft das Erlernen von Befehlen, da viele bisherige Systeme keine natürliche Sprache verarbeiten. Darüber hinaus ist es oft schwierig, dem Fahrer schnell und einfach mögliche Befehle (akustisch) anzubieten und geeignetes Feedback zu übermittelten Befehlen zu geben.

Daher haben wir einen Ansatz entwickelt, der Touch- und Spracheingaben kombiniert und die zuvor genannten Probleme der einzelnen Modalitäten umgeht [7]. Nutzern fällt es relativ einfach, (sichtbare) Objekte in der Umgebung (z.B. Fenster) zu benennen, deshalb wird Spracheingabe zur Objektwahl benutzt (z.B. „Fahrerfenster“). Weil die Manipulation der Objekte per Sprache sehr komplex ist, benutzt der Fahrer im Anschluss stattdessen einfache Zeigegesten (z.B. Fingerbewegung von oben nach unten) zur Manipulation (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Gesten werden auf einem berührungsempfindlichen Lenkrad ausgeführt. Dieses steht dem Fahrer komplett als Interaktionsfläche zur Verfügung. So kann der Fahrer, ohne auf die Interaktionsfläche zu achten, Gesten ausführen und die Augen auf der Straße behalten.



Abbildung 1: Vereinfachter Ablauf für multimodale Interaktion: Das Lenkrad als zentrales Bedienelement wird interaktiv und erlaubt dem Benutzer, Funktionen über Sprache und Zeigegesten multimodal zu bedienen, wie hier am Beispiel des Fensteröffnens demonstriert: (a) Zum Öffnen des Fensters (b) wählt der Fahrer dieses zuerst per Sprache aus, (c) um dann über eine Zeigegeste auf dem Multitouch-Lenkrad (d) das Fenster weiter zu öffnen.

## Implizite Eingabe: Interaktion durch Blickdaten

Bislang erfordern fast alle Ein- und Ausgabemodalitäten im Auto eine explizite Interaktion seitens des Fahrers: Der Fahrer startet wissentlich eine Interaktion mit den Fahrzeugsystemen und erwartet unverzüglich ein Feedback. Eine Möglichkeit Benutzungsschnittstellen im Fahrzeug natürlicher zu gestalten, bietet die implizite Interaktion. Ein Benutzer interagiert implizit mit einem System, wenn er eine Aktion ausführt, ohne primär

<sup>2</sup> <http://www.auto-ui.org>

damit eine Eingabe für ein System zu beabsichtigen. Diese Aktion wird vom System allerdings als Eingabe verstanden und entsprechend verarbeitet.

In unserem Gazemarks-Konzept [8] stehen die Augen im Fokus der Betrachtung. Mittels Eye-Tracking werden die Blicke auf das Fahrzeugdisplay erfasst und verwendet, um den Fahrer bei seiner Nebenaufgabe zu unterstützen. Während der Fahrt wird die Ausführung einer Nebenaufgabe regelmäßig durch Blicke auf die Fahrbahn unterbrochen. Das Wiedezurechtfinden auf dem Fahrzeugdisplay, um die Nebenaufgabe weiter fortzuführen nimmt Zeit in Anspruch. Gazemarks sind visuelle Platzhalter auf dem Display, um diesen Aufmerksamkeitswechsel zwischen Display und Straße wie folgt zu unterstützen: Der Fahrer interagiert explizit mit dem Fahrzeugdisplay, beispielsweise möchte er einen Ort auf einer Karte finden oder einen Musiktitel aus einer Liste auszuwählen. Die Blickdaten, die er dabei implizit dem System liefert, werden verwendet, um die letzte Blickposition auf dem Display zu berechnen, bevor er seine visuelle Aufmerksamkeit wieder der Straße zuwendet. Wird die Aufmerksamkeit wieder auf das Display gerichtet, so wird dort diese letzte Blickposition graphisch hervorgehoben (siehe Abbildung 2). Dies hilft dem Fahrer, die unterbrochene Interaktionssequenz schneller wieder fortführen zu können. Ein durchgeführtes Laborexperiment hat gezeigt, dass Versuchspersonen mit Gazemarks dreimal schneller ihre (Neben-)Aufgabe lösen konnten als ohne visuelle Unterstützung. Für den Einsatz dieses Systems im Fahrzeug ist ein präzises und zuverlässiges Tracking der Augen entscheidend. Kleinere Ungenauigkeiten in der Berechnung des letzten Blickpunktes werden graphisch durch die Darstellung des Kreises kompensiert. Größere Herausforderungen an die Berechnung stellen derzeit allerdings noch die wechselnden Lichtverhältnisse und Erschütterungen im Fahrzeug, die ein solides Tracking behindern und im Algorithmus abgefangen werden müssen.

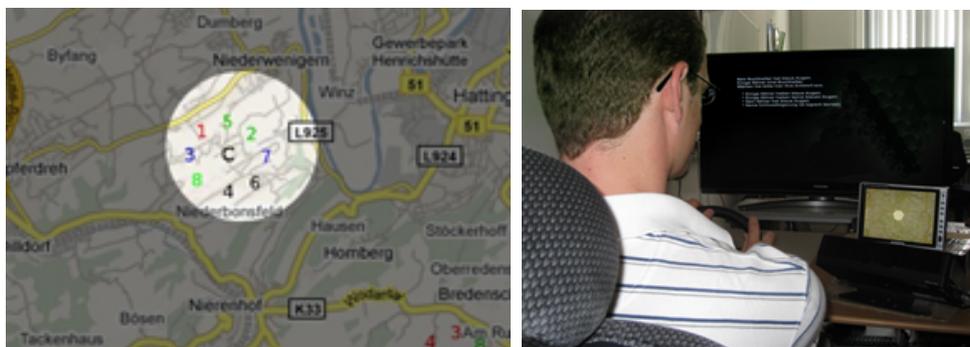


Abbildung 2: Gazemarks – Die zuletzt betrachtete Stelle der Karte wird hervorgehoben und hilft dem Fahrer, sich auf der Karte schneller wieder zurechtzufinden, nachdem die Aufgabe unterbrochen wurde und anschließend der Blick von der Fahrbahn wieder aufs Display gerichtet wird. Im rechten Bild ist das Gazemarks-Konzept im Kontext der durchgeführten Benutzerstudie zu sehen.

## Kontextsensitive Interaktion: Nutzung physiologischer Daten

Wird traditionell nur die explizite Eingabe des Fahrers vom System erfasst, so sind bereits heute eine Vielzahl an Sensoren vorhanden, die neben dem aktuellen Zustand des Autos auch den (physiologischen) Zustand des Fahrers und Informationen über die Umgebung (Kontext) erkennen können. Moderne Ansätze erlauben eine Erfassung von physiologischen Daten (z.B. EKG) ohne den Fahrer verkabeln zu müssen (z.B. über kamerabasierte Methoden), so dass eine breite Verwendung im Auto möglich wird. Diese Daten könnten genutzt werden, um adaptive Benutzungsschnittstellen im Auto zu gestalten, die sich abhängig vom Fahrerzustand und Fahrzeugkontext anpassen.

Zur Erforschung solcher kontextsensitiver Benutzungsschnittstellen und der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Messwerten haben wir in einem realen Fahrexperiment im öffentlichen Straßenverkehr physiologische Daten von Fahrern sowie zusätzliche Kontextinformationen aufgezeichnet, öffentlich<sup>3</sup> zur Verfügung gestellt und erste Auswertungen unternommen [9]. Ein Ziel ist es, durch die gewonnenen physiologischen Daten beispielsweise Rückschlüsse auf den Zustand des Fahrers zu ziehen, wie beispielsweise die kognitive Belastung des Fahrers, so dass sich das Auto adaptiv anpassen kann.

Ein mögliches Anwendungsszenario zeigt die folgende Situation: Ein erhöhter Hautleitwert, Schneefall (über Regensensor gemessen) und schlechte Lichtverhältnisse (Lichtsensor) lassen die Schlussfolgerung zu, dass der Fahrer sich in einem Zustand erhöhter Belastung durch eine anspruchsvolle Fahrsituation (Fahrt bei Schnee und Dunkelheit) befindet. Um den Fahrer optimal zu unterstützen, könnten sich in einer solchen Situation sowohl die Benutzerschnittstelle als auch die Assistenzsysteme anpassen (siehe Abbildung 3): Beispielsweise können

<sup>3</sup> <http://www.hcilab.org/automotive>

unwichtige Informationen auf der digitalen Karte temporär ausgeblendet werden, Fahraufgaben abgenommen werden oder Personen, die den Fahrer anrufen möchten, geeignet auf dessen Zustand hingewiesen werden. Gerade Kontextinformationen könnten für Kommunikationspartner außerhalb des Autos hilfreich sein, um beispielsweise Anrufe zu verschieben oder gar überflüssig zu machen (z.B. Information über Ankunft am Zielort). Eine kürzlich von uns durchgeführte Umfrage [10] zeigt, dass viele Anrufer an solchen Informationen interessiert sind und Fahrer diese Informationen (z.B. auch Live-Videos) zwar nicht automatisch, aber durchaus situationsabhängig preisgeben würden. Die Umfrage gibt detaillierte Einblicke bezüglich der Bereitschaft zum Teilen solcher Informationen mit Anrufern. Zusammen mit bereits vorhandenen Ideen zur Nutzung solcher Daten gilt es daher zu erforschen, ob und wie sich solche Systeme auf das Fahr- und Kommunikationsverhalten in der Realität auswirken.

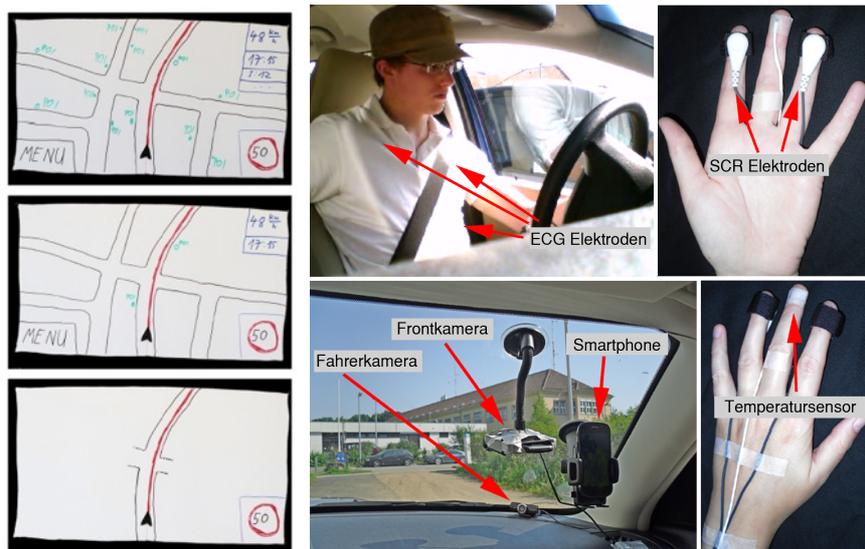


Abbildung 3: Physiologische Sensoren ermöglichen es, Rückschlüsse auf den Zustand des Fahrers zu ziehen (rechts). Ideenskizzen für ein adaptives Navigationssystem: Abhängig von der kognitiven Belastung des Fahrers passt sich die Darstellung an (links).

## Ausblick

Die zuvor genannten Themen und Konzepte geben einen kleinen Einblick in den aktuellen Stand unserer Forschung im Bereich automobiler Benutzungsschnittstellen. Für die nächsten 10–20 Jahre sehen wir einen Trend hin zu Fahrzeugen, die zumindest einen Teil der Fahraufgabe abnehmen oder sogar vollautonom fahren können. Wir erwarten, dass dem Fahrer somit mehr Möglichkeiten für Nebenaufgaben gegeben werden. Wenn beispielsweise das Fahrzeug automatisch die Autobahnfahrt übernimmt, könnte der Fahrer beispielsweise etwas lesen, Filme ansehen oder E-Mails beantworten. Gleichzeitig erwarten wir, dass damit auch neue Forschungsfragen an die Benutzungsschnittstelle gestellt werden, die sowohl das zeitweise manuelle Fahren als auch andere Tätigkeiten während der (vollautonomen) Fahrt optimal unterstützen. Hier stellt zum einen die sichere Übernahme der Fahraufgabe durch den Fahrer eine Herausforderung dar. Zum anderen ist die Überwachung der Fahrtüchtigkeit des Fahrers eine zentrale Aufgabe des Fahrzeugs der Zukunft. Diese Fahrtüchtigkeit muss auch in Situationen gegeben sein, in denen der Fahrer nicht selbst fährt, aber das Fahrzeug eine Übergabe bestimmter Fahraufgaben an den Fahrer erfordert. Daher bietet der Bereich der automobilen Benutzungsschnittstellen auch in Zukunft eine Menge an interessanten Forschungsfragen.

## Referenzen

1. Geiser, G.: Man Machine Interaction in Vehicles. ATZ, 87: S. 74–77 (1985)
2. Redelmeier, D.A., Tibshirani, R. J.: Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. New England Journal of Medicine, 336(7), S. 453–458 (1997)
3. Kern, D., Schmidt, A.: Design space for driver-based automotive user interfaces. In: Proc. AutomotiveUI '09, S. 3-10, New York, NY, USA: ACM 2009
4. Müller, C., Weinberg, G.; Multimodal Input in the Car, Today and Tomorrow. IEEE MultiMedia 18 (1), S. 98-103 (2011)

5. Riener, A., Ferscha, A., Bachmair, F., Hagmüller, P., Lemme, A., Muttenthaler, D., Pühringer, D., Rogner, H., Tappe, A., Weger, F.: Standardization of the in-car gesture interaction space. In *Proc. AutomotiveUI '13*, S. 14-21, New York, NY, USA: ACM 2013
6. Körber, M., Bengler, K.: Measurement of momentary user experience in an automotive context. In *Proc. AutomotiveUI '13*, S. 194-201, New York, NY, USA: ACM 2013
7. Pfleging, B., Schneegass, S., Schmidt, A.: Multimodal interaction in the car: combining speech and gestures on the steering wheel. In *Proc. AutomotiveUI '12*, S. 155-162, New York, NY, USA, ACM 2012
8. Kern, D., Marshall, P., Schmidt, A.: Gazemarks: Gaze-Based Visual Placeholders to Ease Attention Switching. In: *Proc. CHI '10*, S. 2093-2102, New York, NY, USA: ACM 2010
9. Schneegass, S., Pfleging, B., Broy, N., Heinrich, F., Schmidt, A.: A data set of real world driving to assess driver workload. In *Proc. AutomotiveUI '13*, S. 150-157, New York, NY, USA: ACM 2013
10. Pfleging, B., Schneegass, S., Schmidt, A.: Exploring user expectations for context and road video sharing while calling and driving. In *Proc. AutomotiveUI '13*, S. 132-139, New York, NY, USA: ACM 2013