

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme  
Abteilung: Mensch-Computer-Interaktion

Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 5a  
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit Nr. 155

## **Touch-Screen-Interaktion auf der Mittelkonsole zur Steuerung von Funktionen im Fahrzeug**

Tobias Stracke

**Studiengang:** Informatik

**Prüfer/in:** Prof. Dr. Albrecht Schmidt

**Betreuer/in:** Dipl.-Inf. Bastian Pfleging  
M. Sc. Stefan Schneegäß

**Beginn am:** 20. Mai 2014

**Beendet am:** 19. November 2014

**CR-Nummer:** H.5.2



## **Kurzfassung**

Ausgehend von den Trends und Veränderungen im Bereich automobiler Benutzerschnittstellen während der letzten Jahre wurde in dieser Arbeit ein Touch-Screen-Bedienkonzept für die Fahrzeugmittelkonsole entwickelt, das als Alternative zur herkömmlichen Bedienung über haptische Kontrollelemente dienen kann.

Mit Blick auf die stetige Zunahme an Infotainment-Funktionen in Fahrzeugen bieten Touch-Screens gegenüber konventionellen Knöpfen und Schaltern eine erhöhte Flexibilität, sowie die Chance auf eine verbesserte Bedienbarkeit. Im Gegenzug jedoch bringen sie aufgrund ihrer glatten Oberfläche die Problematik einer fehlenden Haptik mit sich, was zu einer möglichen Erhöhung der visuellen Ablenkung und damit zu einem potentiellen Sicherheitsrisiko im Straßenverkehr führen kann. Vor diesem Hintergrund sollte ein Bedienkonzept erforscht werden, das möglichst intuitiv bedienbar ist und dabei wenig Blickkontakt benötigt.

Zu diesem Zweck wurde unter Verwendung einer ausgebauten Fahrzeugmittelkonsole und einem Android-Tablet ein Prototyp anhand einer Klimasteuerung umgesetzt, der neben einem Vergleich verschiedener Touch-Screen-Bedienmethoden zusätzlich das generelle Touch-Screen-Konzept mit einer konventionellen Klimasteuerung vergleichen sollte.

Die Evaluierung erfolgte dabei mithilfe eines Fahrsimulators. Gezeigt werden konnte in erster Linie das Potential einer Touch-Screen-Bedienung unter Kombination von Wisch- und Tipp-Gesten, sowie eine denkbare Ausweitung des Touch-Screen-Anwendungsgebietes über reine Infotainment-Funktionen hinaus.



## Abstract

Based on recent trends and changes in the field of automotive user interfaces during the last years, a touch-screen interaction concept for vehicle center consoles was developed in this work, which can serve as an alternative to the conventional operation with tactile controls.

With an eye toward the continuous increase of information and entertainment features in vehicles, touch-screens offer the chance for increased flexibility and usability. However, due to their smooth surface, they reveal a lack of tactile feedback, which can lead to a potential increase of visual distraction and therefore provide a potential safety hazard on the road. On that account, an intuitive interaction concept should be explored that requires as little eye contact as possible.

For this purpose a prototype based on a vehicle center console and an Android-based tablet for a climate control has been implemented. On the one hand this allows for a comparison between different touch screen interaction concepts, on the other hand it provides the possibility to compare the overall touch screen concept against traditional tactile climate controls.

The evaluation with this prototype was done using a driving simulator setup. In first line the findings show the potential of a touch screen interaction concept with the combination of swipe- and tap-gestures. Furthermore, we show that the expansion of a touch screen concept beyond the infotainment system's functions is a conceivable option.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>11</b>
<b>2. Grundlagen und verwandte Arbeiten</b>	<b>15</b>
2.1. Interaktionsraum im Fahrzeug . . . . .	15
2.1.1. Ein- und Ausgabemodalitäten: Nutzung des Interaktionsraums . . . . .	16
2.2. Entwicklungsfaktor Fahrerablenkung . . . . .	17
2.2.1. Aufgabenklassifizierung . . . . .	18
2.2.2. Reduzierung des Ablenkungsverhaltens . . . . .	19
2.3. Touch-Screen-Bedienung im Fahrzeug . . . . .	20
2.3.1. Anpassung an den Automobilkontext . . . . .	21
2.3.2. Interaktionsfeedback . . . . .	23
2.3.3. User Experience . . . . .	24
<b>3. Konzipierung einer automobilen Touch-Screen-Bedienung</b>	<b>25</b>
3.1. Ausgangskonzept . . . . .	25
3.1.1. Visualisierung der Steuerung über Popup-Menüs . . . . .	26
3.2. Vergleichskonzepte . . . . .	28
<b>4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole</b>	<b>29</b>
4.1. Geräte- und Softwarearchitektur . . . . .	31
4.1.1. Software-Architektur des Android-Tablets . . . . .	33
4.2. Bedienvarianten der Klimasteuerung . . . . .	35
4.2.1. Traditionelle Klimabedienleiste . . . . .	35
4.2.2. Touch-Variante 1: <i>Relative Swipe</i> . . . . .	35
4.2.3. Touch-Variante 2: <i>Relative Swipe (Multi-Touch)</i> . . . . .	36
4.2.4. Touch-Variante 3: <i>Direct-Touch</i> . . . . .	37
4.2.5. Touch-Variante 4: <i>Serial Swipe</i> . . . . .	38
<b>5. Evaluierung des Interaktionskonzepts</b>	<b>39</b>
5.1. Studienaufbau und Vorbereitung . . . . .	39
5.1.1. Lane Change Task und Nebenaufgaben . . . . .	40
5.1.2. Datenaufzeichnung . . . . .	42
5.2. Studienteilnehmer . . . . .	43
5.3. Studiendurchführung . . . . .	43
5.3.1. Einführung . . . . .	43
5.3.2. Hauptteil . . . . .	44
5.3.3. Abschluss . . . . .	44

5.4. Studienergebnisse . . . . .	45
5.4.1. Interaktionszeiten . . . . .	45
5.4.2. Fehlerrate . . . . .	46
5.4.3. Nutzbarkeit . . . . .	47
5.4.4. Subjektive Belastung . . . . .	48
5.4.5. Blickverhalten . . . . .	49
5.4.6. Fahrperformanz . . . . .	51
5.4.7. Präferenzen . . . . .	52
5.5. Diskussion . . . . .	53
5.5.1. Touch-Screen-Bedienungen im Vergleich . . . . .	54
5.5.2. Gesamt-Design . . . . .	55
5.5.3. Schlussfolgerung . . . . .	56
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>57</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>59</b>
A.1. Studienleitfaden . . . . .	60
A.2. Nebenaufgaben der Fahrsimulatorstudie . . . . .	72
A.3. Einverständniserklärung . . . . .	73
A.4. Quittungsliste . . . . .	74
A.5. Eingangsfragebogen . . . . .	76
A.6. Zwischenfragebogen . . . . .	77
A.7. Zwischenfragebogen (Referenzfahrt) . . . . .	80
A.8. Abschlussfragebogen . . . . .	82
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>83</b>

# Abbildungsverzeichnis

---

2.1. Aufteilung des Interaktionsraums über die primäre, sekundäre und tertiäre Aufgabenklasse . . . . .	16
2.2. Head-Up-Display zur Visualisierung der Navigation und wichtiger Verkehrshinweise . . . . .	17
2.3. Aufgabenklassifizierung in Abhängigkeit der Faktoren visuelle Ablenkung und manuelle Bedienung . . . . .	19
2.4. BMW iDrive-Fernsteuerung in Form eines Dreh-Drückstellers sowie multifunktionalen Tasten . . . . .	21
2.5. Mögliche Anpassung einer Touch-Screen-Bedienung an den Automobil-Kontext . . . . .	21
2.6. Kreismenü zur Steuerung einer Navigation mithilfe von Wischgesten . . . . .	23
3.1. Abstrakte Veranschaulichung der beispielhaften Aufteilung des Bildschirmraums in zwei Bedienflächen und der Bedienung über Pie Menus und Popup-Slider . . . . .	27
4.1. Physischer Aufbau des Prototyps . . . . .	29
4.2. Funktionsumfang der Klimasteuerung . . . . .	30
4.3. Abstrakte Darstellung der Hardware-Architektur und Vernetzung des Prototyps . . . . .	31
4.4. Abstrahierte Darstellung der Software-Architektur des Android-Tablets . . . . .	33
4.5. Traditionelle Klimabedienleiste . . . . .	35
4.6. Bedienoberfläche der Relative Swipe-Variante ohne Multi-Touch-Unterstützung . . . . .	36
4.7. Bedienoberfläche der Relative Swipe-Variante mit Multi-Touch-Unterstützung . . . . .	37
4.8. Bedienoberfläche der Direct-Touch-Variante . . . . .	38
4.9. Bedienoberfläche der Serial Swipe-Variante . . . . .	38
5.1. Physischer Aufbau des Fahrsimulators . . . . .	39
5.2. Latin Square zur Bestimmung der Reihenfolge der Konditionen für die Studienteilnehmer	40
5.3. Lane Change Task Fahrsimulator . . . . .	41
5.4. Lane Change Task Auswertung . . . . .	42
5.5. Übersicht der durchschnittlichen Interaktionszeiten der unterschiedlichen Bedienvarianten (in Millisekunden) . . . . .	45
5.6. Übersicht der durchschnittlichen Fehlerrate der unterschiedlichen Bedienvarianten . . . . .	46
5.7. Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der Nutzbarkeit der verschiedenen Bedienvarianten unter Auswertung des SUS-Fragebogens . . . . .	47
5.8. Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der empfundenen Belastung unter Auswertung des DALI-Fragebogens . . . . .	48
5.9. Durchschnittliche Bewertung zur empfundenen Belastung der einzelnen Dimensionen des DALI-Fragebogens . . . . .	49

5.10. Übersicht der durchschnittlichen Anzahl an Blicken auf die Mittelkonsole für die verschiedenen Bedienvarianten (in Millisekunden) . . . . .	49
5.11. Übersicht der durchschnittlichen Blickdauer auf die Mittelkonsole für die verschiedenen Bedienvarianten (in Millisekunden) . . . . .	50
5.12. Verhältnis der Blicke auf den oberen Bildschirm und den Touch-Screen zur Validierung der Eingabe . . . . .	51
5.13. Übersicht der durchschnittlichen Abweichung der Fahrleistung von einer Ideallinie unter Verwendung der verschiedenen Bedienvarianten (in Metern) . . . . .	52
5.14. Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der Bedienelemente in den verschiedenen Varianten . . . . .	53

## Verzeichnis der Codefragmente

---

4.1. Beispielcode zur Anpassung der Temperatur auf Fahrerseite (Teil 1) . . . . .	32
4.2. Beispielcode zur Anpassung der Temperatur auf Fahrerseite (Teil 2) . . . . .	33
4.3. Setter-Methode des CarDataModels zur Anpassung der Temperatureinstellung auf Fahrerseite . . . . .	34
5.1. Beispielcode der Logging-Daten durch das Android-Tablet . . . . .	42

# 1. Einleitung

In den letzten Jahren ist es im Bereich der automobilen Benutzerschnittstellen zu einer Vielzahl an Veränderungen und neuen Trends gekommen, die Entwickler und Designer vor ein neues Ausmaß an Herausforderungen stellen.

Bildschirme in Fahrzeugen dienen nicht länger ausschließlich der Anzeige einer eigenständigen Navigationssoftware, sondern sind Teil eines umfassenden Infotainment-Systems geworden, dessen Funktionalitäten bereits heute weit über die Steuerung der Klimaanlage oder eines Audio-Systems hinausgehen und stetig weiter zunehmen.

Interaktionsraum und -möglichkeiten als solche jedoch, sind im Fahrzeug äußerst begrenzt. Um eine Überzahl an Schaltern und Knöpfen zu vermeiden, bedienen sich heutige Designs häufig einer zentralen Bedieneinheit im Bereich der Mittelkonsole, die dem Fahrer im Prinzip als eine Art Fernsteuerung dient. Typischerweise handelt es sich dabei um einen Dreh-Drücksteller, sowie einige, wenige Tasten, unter deren Benutzung der Fahrer Funktionen über hierarchisch aufgebaute Menüs, die auf einem Bildschirm angezeigt werden, auswählen und ansteuern kann.

Alternative Modelle hingegen greifen mittlerweile, unter anderem begünstigt durch derzeitige Trends in Bereichen außerhalb der Fahrzeugindustrie, auf neue Bedienkonzepte zu, beispielsweise über die Einführung von Touch-Oberflächen. Diese bieten im Vergleich zur zuvor genannten Methode die Chance einer verbesserten Benutzbarkeit, sowie einer Verkürzung der Interaktionszeiten [22]. Touch-Oberflächen jedoch bieten dem Fahrer anders als traditionelle Schalter oder Knöpfe von Natur aus kein haptisches Feedback bei der Bedienung, wodurch abhängig von der Komplexität des Systems und der konkreten Bedienmethodik insbesondere die "blinde" Interaktion während der Fahrt deutlich erschwert werden kann. Da die Fahrerablenkung eines Interaktionssystems aufgrund des einhergehenden Sicherheitsrisikos einen entscheidenden Faktor in der Entwicklung der Benutzerschnittstelle darstellt, ist es besonders wichtig, intuitive und einfache Bedienkonzepte zu finden. Darüber hinaus müssen an dieser Stelle anderweitige Feedback-Methoden in Betracht gezogen werden, beispielsweise über die Einführung von Audio-Signalen.

Jüngstes und wahrscheinlich prominentestes Beispiel zur Nutzung eines umfangreichen Touch-Bedienkonzepts stellt der Tesla Model S Roadster<sup>1</sup> dar, ausgestattet mit einem 17" Touch-Screen im oberen Bereich der Mittelkonsole, welcher neben weiteren Anwendungen die Bedienung sämtlicher in der Mittelkonsole typischerweise untergebrachten Funktionen ermöglicht. Ähnlich wie bei derzeitigen Produkten anderer Hersteller ist dabei häufig die Problematik, dass das angewandte Bedienkonzept bisher nur unzureichend an den Fahrkontext angepasst wurde, da die Interaktion in hohem Maße vom Blickkontakt des Fahrers abhängig ist. Dies begründet sich zumeist in einer überhöhten Anzahl an virtuellen Knöpfen sowie einer unoptimierten Nutzung des Bildschirmraums. Abhilfe könnte

<sup>1</sup>[http://www.teslamotors.com/de\\_DE/models](http://www.teslamotors.com/de_DE/models) (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

## 1. Einleitung

---

an dieser Stelle, wie bereits in einigen Forschungsprojekten gezeigt [2, 8], die Verwendung einer Gesteuerung schaffen, die es dem Fahrer ermöglicht, sich auch während der Interaktion mit dem Infotainment-System hauptsächlich auf die Straße zu konzentrieren und die Bedienung größtenteils blind durchführen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Möglichkeiten eines Touch-Screen-Bedienkonzepts in der Fahrzeugmittelkonsole weiter erforscht werden. Zentrale Aspekte sollen dabei die Anpassung der Bedienung an den Automobil-Kontext durch eine möglichst intuitive und blind durchführbare Steuerung, sowie die Ausweitung des Anwendungsgebietes auf einen Bereich außerhalb der reinen Infotainment-Thematik sein.

Zu diesem Zweck soll zunächst der aktuelle Forschungsstand, sowie einige Grundlagen zur Entwicklung einer Fahrzeug-Benutzerschnittstelle erläutert werden. Aufbauend auf diesem Ausgangspunkt, werden zur Konzipierung der Touch-Screen-Bedienung unterschiedliche Interaktionsmethoden in Betracht gezogen, wie beispielsweise Wischgesten oder einfaches Tippen auf den Bildschirm. Zusätzlich werden die damit verbundene Nutzung des Bildschirmraumes und die Möglichkeiten zur Visualisierung einer solchen Steuerung erforscht.

Zur Evaluierung dieses Konzepts soll die Implementierung dabei mit Blick auf die beispielsweise durch den Tesla Model S gesetzten Initiativen anhand einer Klimasteuerung erfolgen. Die Evaluierung selbst wird mithilfe eines Fahrsimulators durchgeführt und soll neben einem Vergleich verschiedener Touch-Screen-Bedienmethoden, zusätzlich das generelle Touch-Screen-Konzept mit einer traditionellen Klimasteuerung über Knöpfe und Schalter vergleichen.

## Gliederung

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert:

**Kapitel 2** schafft zunächst einen Überblick auf die Grundlagen zur Entwicklung einer automobilen Benutzerschnittstelle. Zu diesem Zweck wird zuerst auf die Definition des Interaktionsraumes im Fahrzeug, sowie die Nutzung desselben eingegangen. Darüber hinaus wird die Bedeutung der Fahrerablenkung durch Zweitaufgaben erläutert, und welchen Einfluss dieser auf die Entwicklung neuartiger Bedien- und Anzeigekonzepte haben sollte. Zuletzt wird eine Reihe an verwandten Arbeiten vorgestellt, die sich mit der Thematik einer Touch-Bedienung im Fahrzeug auseinander gesetzt haben.

In **Kapitel 3** wird aufbauend auf dieser Grundlage das bereits beschriebene Touch-Screen-Bedienkonzept vorgestellt, das unter Verwendung von verschiedenen Bedien- und Visualisierungsvarianten, neue Erkenntnisse bezüglich einer optimierten Anpassung der Touch-Bedienung an den Automobil-Kontext liefern soll.

Die anschließend in **Kapitel 4** beschriebene Implementierung dieses Konzepts anhand einer Klimasteuerung erfolgt in erster Linie mithilfe einer ausgebauten Fahrzeugmittelkonsole und einem Android-Tablet. Zentrale Aspekte werden dabei zunächst die Strukturierung und die Vernetzung der wichtigsten Hardware- und Softwarekomponenten darstellen. Darüber hinaus wird die konkrete Ausprägung der in Kapitel 3 aufgegriffenen Bedienvarianten, sowie die Steuerung über eine konventionelle Klimabedienleiste mittels Knöpfen und Schaltern beschrieben.

---

Um eine Aussage über die Verwendbarkeit eines solchen Konzepts im Fahrzeug treffen zu können, wurde eine Nutzerstudie durchgeführt, die die verschiedenen Eingabevarianten inklusive der herkömmlichen Bedienung über haptische Kontrollelemente miteinander vergleicht. Diese Studie, sowie deren Evaluierung, werden in **Kapitel 5** beschrieben.

Den Abschluss der Arbeit bilden eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf weitere mögliche Arbeiten, die in **Kapitel 6** beschrieben werden.



## 2. Grundlagen und verwandte Arbeiten

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick auf den aktuellen Forschungsstand, sowie Grundlagen zur Entwicklung einer Benutzerschnittstelle in Fahrzeugen, darunter auch bestimmte Begrifflichkeiten.

In diesem Zusammenhang werden in besonderem Maße die Teilbereiche des Interaktionsraums im Fahrzeug und die Bedeutung der Fahrerablenkung einer Benutzerschnittstelle behandelt. Außerdem wird auf bisher vorhandene Konzepte und Forschungsarbeiten bezüglich Touch-Bedienungen in Fahrzeugen eingegangen.

### 2.1. Interaktionsraum im Fahrzeug

In der fachspezifischen Literatur wird der Interaktionsraum im Fahrzeug üblicherweise über die Fahreraufgabe definiert, welche sich in bis zu drei Klassen aufteilen lässt [20]. Veranschaulicht wird dies in Abbildung 2.1. Die primäre (Fahr-) Aufgabe stellt dabei die Kontrolle des Fahrzeugs dar, sowohl in longitudinaler Ausrichtung, sprich in der Bedienung der Pedale zur Beschleunigung oder Verzögerung, als auch in der lateralen Kontrolle des Fahrzeugs über das Lenkrad. Ihr zugeordnet ist der Bereich der Windschutzscheibe, auf den sich der Fahrer, abgesehen von kurzweiligen Ausnahmen, den überwiegenden Teil der Fahrt konzentrieren sollte.

Hinzu kommen die Sekundäraufgaben, deren Interaktionsraum üblicherweise im Bereich des Lenkrads liegt. Die Sekundärklasse umfasst im Wesentlichen fahrobligatorische Funktionen, die in der Regel die Sicherheit erhöhen sollen, darunter beispielsweise das Setzen des Blinkers, das Ein- und Ausschalten der Scheibenwischer oder die Bedienung des Fernlichts und der Hupe [20].

Alle weiteren Interaktionen, die keinen direkten Einfluss auf das Geschehen des Straßenverkehrs haben, werden als Tertiäraufgaben betrachtet. Zu Ihnen zählen insbesondere die Bedienung des Infotainment-Systems, der Navigation und weiteren Komfort- und Kommunikationseinrichtungen. Der größte Teil dieser Funktionen ist im Bereich der Mittelkonsole untergebracht. Bedingt jedoch durch die Häufigkeit der Nutzung, finden sich mittlerweile zu einigen dieser Funktionen weitere Bedienelemente in anderen Bereichen des Fahrzeugs. Ein klassisches Beispiel hierzu stellen die Grundfunktionen des Audio-Systems dar, die seit mehreren Jahren üblicherweise zusätzlich über das Lenkrad ansteuerbar sind [20, 25].

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Einteilung von Funktionen in die Sekundär- und Tertiärklasse in der Literatur nicht ganz eindeutig ist. Häufig wird auf die Unterscheidung der beiden Klassen gänzlich verzichtet, sodass lediglich zwischen Primärfunktionen, die einen direkten Einfluss auf das Fahrverhalten des Fahrzeugs haben, und Sekundärfunktionen getrennt wird. Dies begründet



**Abbildung 2.1.:** Aufteilung des Interaktionsraums über die primäre, sekundäre und tertiäre Aufgabenklasse (Quelle: [25])

sich zumeist in der Tatsache, dass in der Erforschung neuartiger Benutzerschnittstellen in der Regel ausschließlich nicht-verkehrsrelevante Komfort-Funktionen behandelt werden. Im Rahmen der folgenden Kapitel wird die Unterscheidung von Sekundär- und Tertiärfunktionen aus Gründen der Vollständigkeit jedoch vorgenommen, auch wenn diese Einteilung in der Originalliteratur, auf die Bezug genommen wird, nicht vorhanden war.

### 2.1.1. Ein- und Ausgabemodalitäten: Nutzung des Interaktionsraums

Mit Blick auf die Unterbringung neuartiger Anzeigen und Bedienelemente stellt die Festlegung des Interaktionsraums einen entscheidenden Faktor für die Akzeptanz eines neuen Konzepts dar [36].

Die *Mittelkonsole* als traditioneller Bereich zur Bedienung und Anzeige von Tertiär- bzw. Komfortfunktionen bietet dabei die vielversprechendsten Optionen. Anzeigen in heutigen Fahrzeugen sind bereits äußerst vollumfassend und bieten neben Kartenmaterial zur Navigation, Informationen über das Audio-System, die Klimasteuerung sowie häufig auch Adressbuch, einen Internetbrowser und weitere Media-Anwendungen. Die Akzeptanz neuer Anzeigen oder auch Bedienmethoden wie Touch-Screens oder Touch-Oberflächen ist hier in der Regel am höchsten, vermutlich nicht zuletzt daher, da sie den Autofahrer in seiner eigentlichen Aufgabe kaum beeinträchtigen [36]. Im Gegenzug ist jedoch festzustellen, dass die Interaktion mit der Mittelkonsole das wohl höchste Maß an visueller Ablenkung mit sich bringt, da der Fahrer seinen Blick vergleichsweise weit von der Straße abwenden muss. Automobilhersteller bringen Displays daher häufig im oberen Bereich der Mittelkonsole an, ohnehin sollten diese nicht weiter als 30° unterhalb der horizontalen Sichtlinie des Fahrers positioniert werden [32].

Im Bereich der *Windschutzscheibe* hingegen lassen sich Informationen mittlerweile unter Verwendung von *Head-Up-Displays* (HUD) visualisieren, wie beispielsweise in Abbildung 2.2 dargestellt. Dies bietet den Vorteil, dass der Fahrer seinen Blick nur sehr geringfügig von der Straße abwenden muss und sich auf diese Weise weiterhin auf die primäre Fahraufgabe konzentrieren kann [46]. Gleichzeitig jedoch lassen sich HUDs nur sehr eingeschränkt nutzen. Ein Übermaß an Informationen oder gar eine Verdeckung von zu großen Flächen der Windschutzscheibe können schnell zu einem negativen Effekt führen und den Fahrer in seiner Primäraufgabe behindern. Grundsätzlich ist daher davon

## 2.2. Entwicklungsfaktor Fahrerablenkung

auszugehen, dass sich die Windschutzscheibe als Anzeigeraum hauptsächlich zur Visualisierung besonders wichtiger und verkehrsrelevanter Informationen anbietet, darunter beispielsweise die Geschwindigkeit, die Routenführung oder eine Anzeige bei der Erkennung von Gefahren auf der Fahrbahn. Die Unterstützung von Komfort-Funktionen bietet sich hier nur äußerst begrenzt an, so möglicherweise im Falle der Anzeige eines eingehenden Anrufs. Eine ähnliche Problematik ergibt sich auch bei der Anwendung sinnvoller Bedienkonzepte im Bereich der Windschutzscheibe. Ein Beispiel hierzu wäre die Verwendung einer freihändigen Gestensteuerung [36]. Derartige Konzepte jedoch, dürften neben der technischen Herausforderung deutliche Akzeptanz-Probleme mit sich bringen oder sogar zu Missverständnissen im Straßenverkehr führen, sofern man davon ausgeht, dass die Gestensteuerung von außen sichtbar ist.



**Abbildung 2.2.:** Head-Up-Display zur Visualisierung der Navigation und wichtiger Verkehrshinweise  
(Quelle: BMW Group PressClub<sup>1</sup>)

Um einiges vielversprechender dagegen erscheint die Interaktion am *Lenkrad*. Neben den gängigen Sekundärfunktionen, wie beispielsweise der Ansteuerung des Blinkers oder Scheibenwischers, an denen sich im Verlauf der Jahre prinzipiell fast nichts verändert hat, bietet das Lenkrad, und dazu zählt insbesondere auch der Bereich hinter dem Lenkrad, der üblicherweise das Kombiinstrument enthält, zunehmend Raum für Tertiäraufgaben [25]. Dies zeigt sich sowohl in der Ansteuerbarkeit besonders häufig verwendeter Komfort-Funktionen, als auch in Wiedergabe komplexerer Anzeigen im Kombiinstrument. Letzteres wird in besonderem Maße dadurch begünstigt, dass die ursprünglich rein analogen Anzeigen wie Tachometer, Drehzahlmesser u.Ä. zunehmend durch vollständig frei programmierbare Bildschirme ausgetauscht werden.

## 2.2. Entwicklungsfaktor Fahrerablenkung

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel angedeutet stellt die Fahrerablenkung durch ein System, unabhängig davon, ob es sich um ein Anzeige- oder ein Bedienkonzept handelt, einen essentiellen Faktor

<sup>1</sup><https://www.press.bmwgroup.com> (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

## 2. Grundlagen und verwandte Arbeiten

---

in der Entwicklung der Benutzerschnittstelle dar. Sie äußert sich im Wesentlichen auf zwei Ebenen: Einerseits durch die visuelle Ablenkung, die für die Interaktion erforderlich ist, sowie andererseits in Form der kognitiven Belastung, die ein System verursacht [38].

Um sich der Bedeutung der Ablenkung durch Sekundär- bzw. Tertiäraufgaben bewusst zu werden empfiehlt es sich einen Blick auf eine Studie des *Virginia Technology Transportation Institute* aus dem Jahr 2006 zu werfen [26]. Mittels Kameraaufnahmen aus 100 Fahrzeugen, die über einen Zeitraum von 13 Monaten entstanden und mehr als 42000 Stunden umfassendes Material lieferten, gelang es 761 Beinahe-Unfälle, sowie 72 tatsächliche Unfälle zu dokumentieren. In 80% dieser Vorkommnisse waren die Fahrer durch nicht-verkehrsrelevante Funktionen abgelenkt, einen besonderen Anteil hatte die Bedienung von Mobiltelefonen und der Navigation [31]. Gezeigt werden konnte in erster Linie, dass die visuelle Ablenkung den Hauptfaktor für die Unaufmerksamkeit der Fahrer darstellte. Darüber hinaus ergab sich, dass Funktionen, die mehrere Bedienschritte, und damit verbunden häufigeren oder längeren Blickkontakt erfordern, die Gefahr des Unfallrisikos auf bis das dreifache erhöhen können [26].

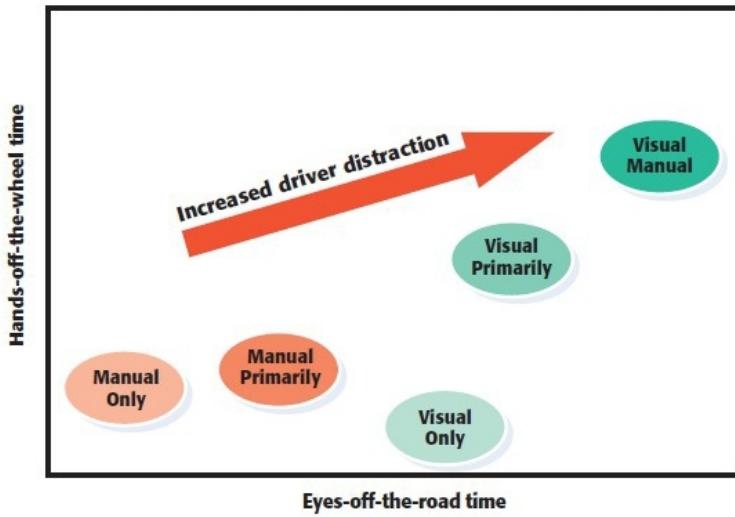
Ergebnisse weiterer Studien unterstreichen diese Erkenntnis [41, 38, 4] und räumen dem Faktor Fahrerablenkung somit eine besondere Bedeutung ein.

Daraus ergeben sich nicht nur die Chancen alternativer Ein- und Ausgabemodalitäten zur Verbesserung des Ablenkungsverhaltens, sondern gleichzeitig auch die Dringlichkeit einer guten Unterstützung der meist-genutzten Komfort-Funktionen, darunter insbesondere Anwendungen der Tertiärlasse, die heute meistens noch über Mobilgeräte gesteuert werden - dies im Übrigen trotz gesetzlicher Verbote.

### 2.2.1. Aufgabenklassifizierung

Zur Klassifizierung des Ablenkungsgrades verschiedener Funktionen gibt Wierville [50] eine Einteilung der Funktionen in die Kategorien *Manual Only*, *Manual Primarily*, *Visual Only*, *Visual Primarily* und *Visual Manual* vor, dargestellt in Abbildung 2.3. Der Ablenkungsgrad wird dabei in Abhängigkeit des notwendigen Blickkontakte, sowie der Dauer bzw. Häufigkeit der manuellen Bedienung durch den Fahrer bestimmt. Die Klassen *Manual Only* und *Manual Primarily* weisen die geringste Ablenkung auf, da sie Funktionen enthalten, die annähernd bzw. vollständig blind durchgeführt werden können. Beispielsweise können das Setzen des Blinkers oder ähnliche Funktionen sein, die lediglich einen kurzen Blick zur Positionsbestimmung des Gerätes erfordern, wie die Bedienung des Radios. Die Klasse *Visual Only* beschreibt das reine Ablesen von Informationen, wie im Falle der Navigation, nachdem diese eingestellt wurde. Unter *Visual Primarily* und *Visual Manual* fallen die am stärksten ablenkenden Funktionen, da sie sowohl den Blickkontakt als auch eine länger dauernde Bedienung durch den Fahrer erfordern, so zum Beispiel beim Einstellen der Navigation während der Fahrt [50].

Aufbauend auf dieser Klassifizierung lassen sich vereinfacht Funktionen feststellen, die in besonderem Maße von neuen Ein- und Ausgabekonzepten profitieren können. Üblicherweise handelt es sich dabei um Funktionen der beiden letzten Klassen, die im besten Fall in die *Manual Only* oder zumindest *Manual Primarily* Klasse verschoben werden.



**Abbildung 2.3.:** Aufgabenklassifizierung in Abhängigkeit der Faktoren visuelle Ablenkung und manuelle Bedienung (Quelle: [1])

### 2.2.2. Reduzierung des Ablenkungsverhaltens

In der Praxis lassen sich besonders visuell fordernde Funktionen neben der Anwendung eines neuen Bedienkonzepts zumeist durch ein alternatives Feedback verbessern, dies vermutlich insbesondere dann, wenn eine multimodale Informationswiedergabe gewählt wird [49].

Eine übliche und weit verbreitete Methodik zur Verbesserung des Blickverhaltens stellt die Unterstützung von zusätzlichen Audio-Hinweisen dar, die neben der visuellen Anzeige abgespielt werden. So existiert eine Reihe an Studien, die einen positiven Einfluss des auditiven Feedbacks auf die Fahrperformanz oder das Blickverhalten belegen [8, 24, 29]. Derartige Unterstützungen erscheinen insbesondere für komplexere Tertiäraufgaben sinnvoll, wie beispielsweise beim Durchsuchen einer Listenansicht. *Gable et al.* gehen in diesem Zusammenhang auf die Möglichkeiten erweiterter Audio-Hinweise zur blinden Bedienung von Mobilgeräten während der Fahrt ein [18]. Mithilfe einer Benutzerstudie, in der Probanden während der Fahrt an einem Simulator, Lieder aus einer Listenanzeige auswählen mussten und unterschiedliche Formen eines Audio-Feedbacks erhielten, konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, die visuelle Ablenkung zu vermindern, ohne eine signifikante Verschlechterung der Interaktionszeiten in Kauf nehmen zu müssen. Letzteres jedoch, so geben *Gable et al.* zu bedenken, wurde möglicherweise durch die Aufgabenwahl begünstigt.

Weitere Ansätze legen eine Verbesserung des Blickverhaltens durch Informationssysteme nahe, die auf eine visuelle Wiedergabe gänzlich verzichten und ausschließlich auditives Feedback liefern [2, 48], dies gegebenenfalls situationsabhängig. Hier überwiegen jedoch in der Regel Zweifel bezüglich der kognitiven Belastung, die dies für den Fahrer insbesondere bei komplexeren Nebenaufgaben bedeuten könnte. Im Falle einer multimodalen Wiedergabe, ist darüber hinaus davon auszugehen, dass die meisten Fahrer wahrscheinlich situationsabhängig eine unterschiedliche Feedback-Form bevorzugen, so beispielsweise eine visuelle Feedback für Aufgaben, die besonders schnell ausgeführt werden müssen, sowie eine auditive Ausgabe zur Unterstützung der blinden Bedienbarkeit [6].

## 2. Grundlagen und verwandte Arbeiten

---

Ähnliche multimodale Konzepte zur Verminderung des Ablenkungsverhaltens existieren darüber hinaus im Bereich der Eingabemöglichkeiten, so wäre es beispielsweise denkbar neben der Bedienung über Knöpfe und Schalter die Vorteile einer Sprach- und Gestensteuerung miteinander zu kombinieren [35].

Des Weiteren können insbesondere Faktoren wie Menüführung, -Layouts und der -Verschachtelungsgrad des Infotainment-Systems einen besonderen Einfluss auf das Ablenkungsverhalten des Fahrers haben. *Reimer et al.* geben den Anteil an Text und Schriftarten in Anzeigekonzepten zu bedenken und konnten zeigen, dass die richtige Auswahl eine kostengünstige Optimierung des Blickverhaltens bewirken kann [39]. *Lasch und Kujala* gehen auf den Einfluss der Anzahl an Menüelementen ein, die gleichzeitig auf einem Bildschirm erscheinen [28, 27]. Darüber hinaus überprüfen sie verschiedene Touch-Screen-Navigationstechniken auf ihr Ablenkungsverhalten. Gezeigt werden konnte in erster Linie, dass sich Listendarstellungen mit drei bis fünf Einträgen gegenüber *Grid*-Mustern und Menüs mit zu vielen Einträgen positiv auf das Blickverhalten des Fahrers auswirken können.

Zuletzt belegen beide Studien, dass die von Smartphones und Tablets gewohnte kinetische *Scrolling*-Methode für Touch-Bedienungen im Fahrzeug ungeeignet erscheint. Gemeint ist hiermit, das *Scrollen* in Abhängigkeit der Länge und Geschwindigkeit der Wischbewegung über mehrere Menüelemente hinweg, das dem Nutzer das Gefühl vermittelt, der „Schwung“ seines Fingers habe einen direkten Einfluss. Anders als bei der Bedienung eines mobilen Gerätes, müssen Wischbewegungen im Fahrzeug meistens zügig und blind durchgeführt werden, weshalb eine Navigation, die grundsätzlich nur eine Menüseite wechselt, hier vorteilhafter erscheint [27].

### 2.3. Touch-Screen-Bedienung im Fahrzeug

Die stetige Zunahme an Tertiärfunktionen in Fahrzeugen, sowie damit einhergehende Erhöhung der visuellen und kognitiven Ablenkung des Fahrers bilden eine Problematik, die weitestgehend im vorangegangenen Kapitel aufgegriffen und erläutert wurde. Verbote zur Nutzung von Smartphones o.Ä. während der Fahrt stellen offensichtlich keine Lösung dar, vielmehr besteht der Bedarf, die Funktionen dieser Geräte sinnvoll in den Automobil-Kontext zu integrieren, was sich auch in der bereits heute wachsenden Zahl an Touch-Screen-Umsetzungen in Fahrzeugen zeigt [13].

Touch-Screens bieten im Vergleich zu konventionellen Methoden wie beispielsweise einer zentralen Bedieneinheit im Stil einer Fernsteuerung (vgl. Abbildung 2.4) insbesondere für die Navigation durch hierarchische Menüs die Möglichkeit einer verbesserten Benutzbarkeit, beispielsweise durch kürzere Interaktionszeiten [22], sowie einer erhöhten Flexibilität. Einen besonderen Aspekt im Zusammenhang mit Touch-Screens stellt außerdem die *User Experience* dar, im Grunde genommen also den Unterhaltungsfaktor, den die Bedienung mit sich bringt.

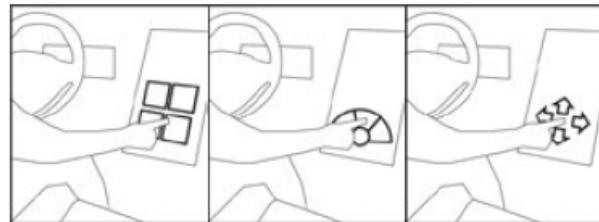
Gleichzeitig jedoch ist dieser Nutzen in hohem Maße abhängig von der konkreten Umsetzung des Bedienkonzepts. Grundsätzlich haben Taster und Schalter den Vorzug eines haptischen Feedbacks bei der Bedienung, sprich der Fahrer kann die Taste erfühlen und die Interaktion theoretisch blind durchführen. Da die visuelle wie kognitive Ablenkung einen entscheidenden Sicherheitsfaktor darstellt, ist es erforderlich Bedienkonzepte zu finden, die diesen Umstand umgehen.



**Abbildung 2.4.:** BMW iDrive-Fernsteuerung in Form eines Dreh-Drückstellers sowie multifunktionalen Tasten (Quelle: [23])

### 2.3.1. Anpassung an den Automobilkontext

Zur Anpassung der Touch-Bedienung an den Automobil-Kontext bieten sich im Wesentlichen drei Praktiken an, die in Abbildung 2.5 veranschaulicht und im folgenden näher erläutert werden. Darüber hinaus wird auf alternative Feedback-Möglichkeiten, sowie den Faktor der *User Experience* eingegangen.



**Abbildung 2.5.:** Mögliche Anpassung einer Touch-Screen-Bedienung an den Automobil-Kontext mit Hilfe einer Vergrößerung der Bedienelemente (links), haptischer Orientierungshilfen (Mitte), sowie positionsunabhängiger Gesten (rechts) (Quelle: [42])

**Vergrößerung der Bedienelemente:** Im ersten Fall (Abbildung 2.5 links) wird die Vergrößerung der Touch-Bedienelemente des Bildschirms dargestellt, beispielsweise in Form von virtuellen Buttons. Nach *Fitt's Law* [14] verbessert sich die Zeige-Performanz, d.h. die Dauer der Interaktion und die Fehlerzahl, mit zunehmender Zielgröße. Dies gilt für einen Maus-Zeiger, für den dieses Gesetz ursprünglich aufgestellt wurde, ebenso wie für Touch-Eingaben [43].

Im Rahmen einer Studie zur Benutzbarkeit eines 17“ Touch-Screens im Bereich der Mittelkonsole haben *Rümelin et al.* verschiedene Bedienkonzepte miteinander verglichen und konnten zeigen, dass bei Verwendung einer Bedienung, die ausschließlich über einfaches Tippen auf den Bildschirm erfolgt (im Folgenden als *Direct-Touch* bezeichnet), größere Buttons gegenüber kleineren sowohl zu einer Verkürzung der Interaktionszeiten, als auch zu einer Verbesserung des Blick-Verhaltens führen können [42]. Nachteile dieser Anpassung können gegebenenfalls in der Ästhetik liegen. So bemängelten die Probanden das etwas klobige Design der größeren Variante, dies allem voran bei der Benutzung im Stand. Eine Möglichkeit diesen Umstand zu umgehen, wäre beispielsweise die Anpassung des Designs an die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit [42].

**Haptische Orientierungshilfen:** Die mittlere Darstellung in Abbildung 2.5 veranschaulicht die Möglichkeit von haptischen Orientierungshilfen. Neben der Anwendung von bewusst gezogenen Verzierungen bieten sich hier bei Verwendung eines passenden Menü-Layouts auch die Ränder des Bildschirms an [51, 16]. *Pielot et al.* haben mit *PocketMenu* letzteren Ansatz zur blinden Bedienung von Smartphones umgesetzt und konnten insbesondere bei der Kombination mit Vibrationsfeedback das Potential des Konzepts belegen [37]. Ähnliche Vorteile können physische Elemente mit sich bringen, die direkt auf dem Touch-Screen angebracht werden [12], wenngleich jedoch auf Kosten der Flexibilität des Menü-Layouts. In der bereits zitierten Studie von *Rümelin et al.* [42] wurde in einer Variante im unteren Bereich des Bildschirms ein Drehregler angebracht, der neben seiner Funktion als Steuerelement eine haptische Orientierungshilfe für die umliegenden Touch-Elemente darstellt. Dahingehende Konzepte könnten eine vielversprechende Möglichkeit zur Kombination der Fernsteuerungs-Methode mit einem Touch-Screen darstellen, so konnte gezeigt werden, dass dies insbesondere zu einer positiven Beeinflussung des Blickverhaltens führt. Letzteres im Vergleich zu einer ausschließlichen Touch-Bedienung ohne Drehregler allerdings auf Kosten der Interaktionszeiten [42].

**Gesteninteraktion:** Die dritte Möglichkeit (Abbildung 2.5 rechts) besteht in der Anwendung von positionsunabhängigen Gesten. In diesem Fall spielt die Wahl an möglichst einfachen und intuitiven Bewegungen eine besondere Rolle. Zum Standard-Repertoire zählen dabei für gewöhnlich einfaches oder mehrfaches Tippen auf den Bildschirm, sowie Wischbewegungen in unterschiedliche Richtungen.

In einer Benutzerstudie, in der Probanden zu 32 Aufgaben aus dem Automobil-Kontext intuitive Wischbewegungen auf einem Touch-Screen ausführen sollten, konnten *Burnett et al.* ein deutliches Muster in der Zuordnung von Funktionen und Gesten erkennen [7]. Im Beispiel der typischen Funktionen des Autoradios wie Erhöhung/Verringerung der Lautstärke oder Wechseln des Radio-Senders herrschte eine Übereinstimmung von über 80%. Allgemein ließ sich feststellen, dass die Erhöhung eines Wertes üblicherweise mit einer Wischbewegung nach oben oder nach rechts verbunden wurde, während zur Verringerung des Wertes in der Regel nach unten oder links gewischt wurde. Selbst im Fall komplexerer Gesten lassen sich vereinzelt ähnlich hohe Übereinstimmungen zeigen, so wäre es beispielsweise denkbar, ein „Play“-Symbol zum Starten eines Musik-Titels zeichnen zu lassen [34, 9].

Beim Vergleich unterschiedlicher Ein- und Ausgabemodalitäten zur Steuerung eines Audio-Players im Fahrzeug konnten *Bach et al.* zeigen, dass die Bedienung über Gesten gegenüber konventionellen Schaltern und Knöpfen sowie einer *Direct-Touch*-Bedienung zu einer signifikanten Verringerung der visuellen Ablenkung führen kann [2], eine Erkenntnis, zu der weiter Konsens herrscht [42, 45, 9]. Im Gegenzug belegt eine Reihe an Studien eine erhebliche Verkürzung der Interaktionszeiten bei Verwendung eines *Direct-Touch*-Konzepts [2, 42, 8].

Die Prämisse, Gesten blind durchführen zu können, geht in der Regel auf, bringt allerdings das grundsätzliche Problem der visuellen Vermittlung mit sich, da die Bedienung über Gesten anders als bei konventionellen oder virtuellen Knöpfen nicht zwingend selbsterklärend ist.

Mit *pieTouch* haben *Eckert et al.* einen Ansatz präsentiert, der diesen Umstand größtenteils umgeht und dem Fahrer prinzipiell die blinde Navigation durch hierarchische Menüs erlaubt [10]. Zu diesem Zweck werden bei Berührung des Bildschirms kreisförmige Kontext-Menüs an der aktuellen Position

des Fingers anzeigt. Mithilfe einer Wischbewegung in eine beliebige Richtung können Menü-Einträge ausgewählt werden, die entweder ein weiteres Kontext-Menü öffnen oder bei Loslösen des Fingers eine bestimmte Funktion auslösen (vgl. Abb. 2.6). Die blinde Interaktion wird somit in erster Linie dann ermöglicht, wenn der Fahrer die Ausrichtung der Menü-Einträge mit der Zeit auswendig kennt, ein Effekt, der beim Vergleich mit einer äquivalenten *Direct-Touch*-Bedienung nachgewiesen werden konnte [10, 11]. Als Nachteile des *pieTouch*-Konzepts wurden in erster Linie die schlechte Unterbrechbarkeit, die insbesondere bei Verwendung von Sub-Menüs auftritt, sowie die mögliche Verdeckung der Menü-Einträge durch die interagierende Hand erwähnt.



Abbildung 2.6.: Kreismenü zur Steuerung einer Navigation mithilfe von Wischgesten (Quelle: [11])

### 2.3.2. Interaktionsfeedback

Grundsätzlich bieten Touch-Oberflächen dem Nutzer aufgrund der bereits beschriebenen Problematik der Haptik keine natürliche Rückmeldung während der Interaktion. Bei Verwendung eines Touch-Screens zählt zu den üblichen Techniken eine visuelle Veränderung des Bedienelements, beispielsweise durch die Verformung oder das *Highlighting* eines virtuellen Buttons.

In diesem Zusammenhang haben *Eckert et al.* unterschiedliche Interaktionsvisualisierungen miteinander verglichen, und konnten zeigen, dass bereits durch rein visuelle Feedback-Unterstützung, eine Verbesserung des Ablenkungsverhaltens möglich ist [11].

Darüber hinaus bietet sich in besonderem Maße die im **Kapitel 2.2** aufgegriffene multimodale Informationswiedergabe an. Neben der Verwendung von zusätzlichen Audio-Hinweisen existieren für Touch-Oberflächen weitere nicht-visuelle Feedback-Möglichkeiten, darunter beispielsweise die Verwendung von Vibrationen [17] oder Druck-sensitiven-Systemen. *Richter et al.* haben mit *HapTouch* ein derartiges System für Touch-Screens umgesetzt [40]. Es ermöglicht dem Anwender bei Auflegen des Fingers zunächst die Erkundung des Bildschirms, da das System die Berührung erst ab einem gewissen Druck als Eingabe wertet. Auf diese Weise ist es möglich, die „Berührung“ eines virtuellen Buttons beispielsweise an Elektrovibrationen [3] zu koppeln, die dem Nutzer prinzipiell eine Art haptisches Feedback liefern.

Zweifel derartiger Konzepte bleiben insbesondere durch die besonderen Umstände während der Bedienung im Fahrzeug, die in den Laborstudien nur bedingt dargestellt werden können. Neben der vergleichsweise hohen Geräuschkulisse durch den Motor oder das Audio-System, könnten insbesondere die Vibrationen des Fahrzeugs selbst einen deutlichen Störfaktor darstellen [2].

### 2.3.3. User Experience

Ein essentieller, wenngleich auch häufig in den Hintergrund tretender Aspekt im Zusammenhang mit Touch-Screens stellt ihre hedonische Qualität bzw. die damit verbundene *User Experience* dar. Benutzerstudien, die hierauf üblicherweise mittels Fragebögen eingehen, kommen in der Regel insbesondere bei der Verwendung einer Gestensteuerung zu dem Ergebnis, dass die Probanden Spaß an der Interaktion hatten [42, 9].

Richtig umgesetzt bieten Touch-Bedienungen somit gegenüber konventionellen Methoden nicht nur das Potential eines rein pragmatischen Vorteils, sondern können zusätzlich durch das erlebte Gefühl überzeugen. Es ist als selbstverständlich zu erachten, dass dieser Aspekt weiteren Faktoren wie der Fahrerablenkung grundsätzlich unterzuordnen ist.

## 3. Konzipierung einer automobilen Touch-Screen-Bedienung

Aufbauend auf den in **Kapitel 2** behandelten Grundlagen soll im Folgenden die Konzipierung einer Touch-Screen-Bedienung für die Fahrzeugmittelkonsole vorgestellt werden, die die Erforschung unterschiedlicher Eingabe- und Visualisierungsvarianten ermöglicht, und die Grundlage des in **Kapitel 4** vorgestellten Prototypen bildet.

Im Bereich der Eingaben soll dabei in erster Linie auf unterschiedliche Formen von Wischgesten (*Swipes*), sowie einer Steuerung über direktes Tippen (*Direct-Touch*) zurückgegriffen werden. Zusätzlich werden mit dem Vorzügen eines Touch-Screens, die im Vergleich zu reinen Touch-Oberflächen ohne Anzeige allem voran in der visuellen Vermittlung der Bedienung liegen, unterschiedliche Anzeigemethoden in Betracht gezogen. Bei diesen handelt es sich einerseits um ein eher konventionelles Design, das die Bedienelemente permanent anzeigt, sowie anderseits um eine Visualisierung der Steuerung über Popup-Menüs, die erst erscheinen, wenn eine bestimmte Bedienfläche des Bildschirms getroffen wird.

Unter Bezug auf die zeitliche Entstehung der in diesem Zusammenhang insgesamt vier entwickelten Bedienvarianten, deren konkrete Implementierung in **Kapitel 4** folgt, wird im Folgenden eine Unterteilung in das Ausgangskonzept und die Vergleichskonzepte vorgenommen.

### 3.1. Ausgangskonzept

Unter dem Anspruch eine möglichst blind durchführbare Steuerung zu entwickeln, war es ein prinzipielles Anliegen, Funktionen in erster Linie Wischbewegungen in verschiedene Richtungen zuzuordnen. Einfache Wischbewegungen haben gegenüber komplexeren Gesten den Vorteil, dass sie häufig intuitiv vermittelbar und leicht zu erlernen sind, so wie beispielsweise das auf- und ab-schrollen über Bewegungen nach oben und unten oder der Wechsel zwischen mehreren Elementen über „vor“ und „zurück“-Funktionen (Wischen nach links und rechts). Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die meisten Autofahrer diese Art der Interaktion bereits von Mobilgeräten wie Smartphones oder Tablets kennen, die potentielle Akzeptanz einer solchen Steuerung ist infolgedessen relativ hoch.

Dass auch im automobilen Kontext für eine Reihe an Zuordnungen von Gesten und Funktionen ein hoher Konsens herrscht, konnte bereits in **Kapitel 2.3.1** anhand der Studienergebnisse von *Burnett et al.* gezeigt werden [7], die verschiedene Wischgesten miteinander verglichen haben.

Um den Funktionsumfang erweitern zu können, die Anzahl an unterschiedlichen Wischrichtungen jedoch gleichzeitig möglichst gering zu halten, stellt ein elementarer Bestandteil des hier beschriebenen Konzeptes die Unterteilung des Bildschirms in unterschiedliche Bedienflächen dar, die jeweils einem anderen Kontext zugeordnet werden. Eine Wischbewegung sollte somit abhängig davon, in

### 3. Konzipierung einer automobilen Touch-Screen-Bedienung

---

welchem Bereich der Anwender die Interaktion beginnt, eine unterschiedliche Bedeutung haben. Da die Aufteilung des Bildschirms, sowie die Zuordnung von Bedienflächen und Funktionsrahmen keineswegs trivial sind, sollte eine zentrale Fragestellung der Evaluierung die optimierte Nutzung des Design-Raumes darstellen.

In diesem Zusammenhang wurde zusätzlich die Verwendung einer Multi-Touch-Steuerung in Betracht gezogen, d.h. das System sollte erkennen mit welcher Fingerzahl der Anwender den Bildschirm berührt und in Abhängigkeit davon unterschiedliche Funktionen aktivieren. Bedingt durch die Verwendung einer derartigen Möglichkeit, wäre es in erster Linie denkbar, die Aufteilung des Bildschirms bei gleichem Funktionsumfang mit einer geringeren Anzahl an Bedienflächen vorzunehmen. Eine weitere Fragestellung der Evaluierung sollte insofern die Erforschung der Verwendbarkeit einer derartigen Multi-Touch-Steuerung im automobilen Kontext sein.

#### 3.1.1. Visualisierung der Steuerung über Popup-Menüs

Inspiriert durch *Eckert et al.*'s *pieTouch* [10] wurde zur visuellen Vermittlung der beschriebenen Steuerung über Wischgesten zunächst ein Kreismenü (*Pie Menu*) gewählt, das sich bei Berührung des Bildschirms abhängig von Bedienfläche und zugeordnetem Kontext an der aktuellen Position des Fingers öffnet (vgl. Abbildung 3.1). Mittels Wischbewegungen können Elemente des Menüs ausgewählt und bei erneutem Loslassen aktiviert werden. Bei Aktivierung einer Funktion, sprich dem Anheben des Fingers, schließt sich das Menü wieder. Derartige *Pie Menus* bieten in Verbindung mit einer Touch-Bedienung eine vielversprechende Lösung zur Visualisierung einer Gestensteuerung, da sie auf der einen Seite neuen Anwendern die Möglichkeit bieten, die Gesten in Form von Wischbewegungen intuitiv und schnell zu erlernen, während andererseits erfahrene Nutzer, die das Layout des Menüs kennen, die Interaktion blind durchführen können [10].

Menü-Elemente sollten darüber hinaus erst ab einem gewissen Abstand zur Kreismitte ausgewählt werden, visualisiert wird dies durch eine farbliche Hervorhebung. Eine Bewegung zurück zur Mitte führt zu einem erneuten Abwählen des zuletzt markierten Elements, ein *Pie Menu* kann somit auch wieder geschlossen werden, ohne eine Funktion zu aktivieren. Dies sollte insbesondere einen positiven Effekt auf die Fehlerrate des Systems haben [10, 44]. Des Weiteren wurde auf eine Verschachtelung von Menüelementen bewusst verzichtet, um das Potential für erhöhte Interaktionszeiten, mögliche Fehlerquellen sowie eine verschlechterte Unterbrechbarkeit möglichst gering zu halten.

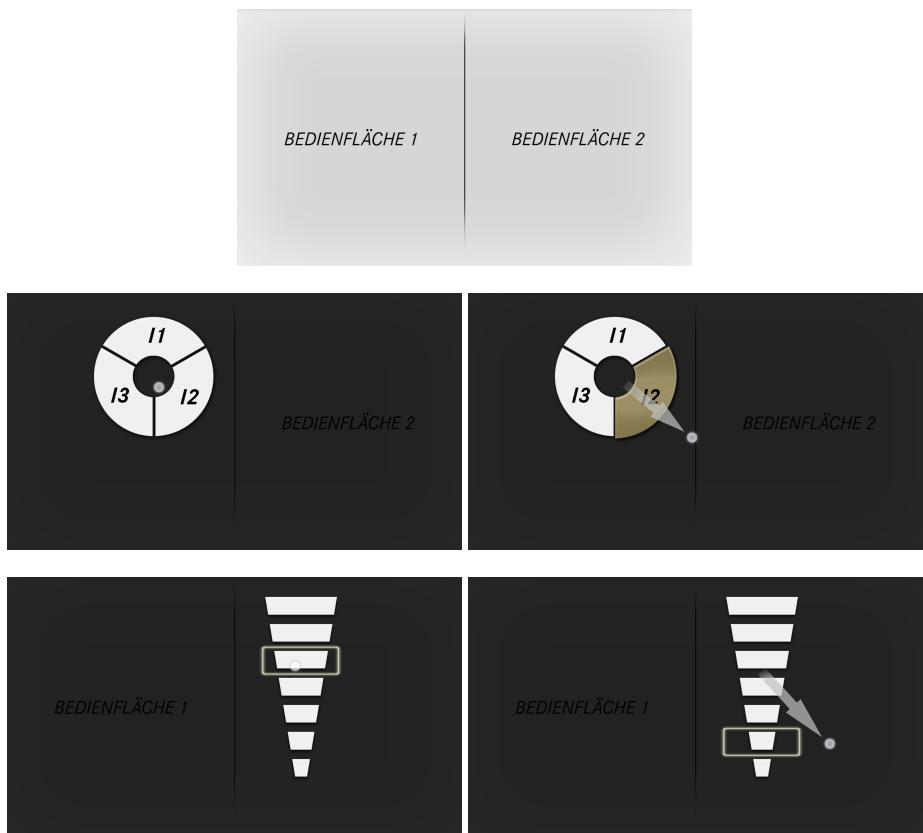
Während diese Form des *Pie Menus* in erster Linie für Funktionen bzw. Funktionsbereiche mit besonders wenigen Einstellungsmöglichkeiten (in der Regel 2 - 4) entworfen wurde, sollten für höher aufgelöste Einstellungen, deren Werte im besten Fall einer Ordinalskala folgen, kontext-abhängige Popup-Regler (*Slider*) verwendet werden (vgl. Abbildung 3.1). Ähnlich dem Prinzip des *Pie Menus* erscheinen diese *Slider* bei Berührung der entsprechenden Bedienflächen relativ zur Fingerposition, sodass der Finger anfangs grundsätzlich auf dem zuletzt eingestellten Wert liegt. Per Wischbewegung nach oben oder unten lässt sich der Wert entsprechend erhöhen bzw. verringern, bei Anheben des Fingers schließt sich das Menü wieder. Je nach Größe des *Sliders*, des zuletzt eingestellten Wertes und der Fingerposition bei Berührung der Bedienfläche, ist es theoretisch denkbar, dass ein Teil des Reglers außerhalb des Bildschirms liegt. Dieser Umstand ist in erster Linie der Hypothese geschuldet, dass Anwender beispielsweise bei einer gewünschten Erhöhung des Wertes, vermutlich zunächst im unteren Bereich

### 3.1. Ausgangskonzept

der Bedienfläche ansetzen, um möglichst weit nach oben wischen zu können, bzw. umgekehrt bei entsprechender Verringerung des Wertes.

Zusammenfassend lässt sich die Bedienung beider Menü-Formen in jeweils drei Schritte aufteilen, veranschaulicht in Abbildung 3.1:

1. Berührungen einer Bedienfläche zum Öffnen des zugeordneten Popup-Menüs (*Pie Menu* oder *Slider*)
2. Auswählen einer Funktion (*Pie Menu*) oder eines Wertes (*Slider*) mittels Wischbewegung
3. Ausführen der Funktion (*Pie Menu*) bzw. Einstellung eines Wertes (*Slider*) sowie schließen des Menüs bei Anhebung des Fingers



**Abbildung 3.1.:** Abstrakte Veranschaulichung der beispielhaften Aufteilung des Bildschirmraums in zwei Bedienflächen und der Bedienung über Pie Menus und Popup-Slider: Der weiße Punkt stellt dabei die aktuelle Position der Touch-Eingabe dar, der weiße Pfeil dient zur Veranschaulichung der Wischgeste. Beide sind kein tatsächlich sichtbarer Bestandteil der Benutzeroberfläche.

### 3.2. Vergleichskonzepte

Da die Anwendung des beschriebenen Konzeptes gewisse Grenzen mit sich bringt und es zu erwarten ist, dass in einer tatsächlichen Anwendung für unterschiedliche Funktionen andere Eingabemethoden erforderlich sind, wurden auf Grundlage einer Touch-Bedienung zwei Vergleichskonzepte entworfen.

Dazu wurde einerseits eine *Direct-Touch*-Steuerung gewählt, die anders als das zuvor beschriebene Konzept vollständig auf Popup-Menüs verzichtet, um dem Anwender die Bedienelemente wie Regler und virtuelle Buttons stattdessen permanent anzuzeigen. Die Eingabe erfolgt in erster Linie durch direktes Tippen, lediglich für Regler wurden zusätzlich auch Wischbewegungen erlaubt.

Darüber hinaus wurde in einer weiteren Abwandlung dieser Variante die Steuerung über Regler durch mehrfache Wischbewegungen ersetzt. Gemeint ist hiermit im Grunde genommen, dass anders als in den anderen Konzepten nicht mithilfe einer Wischbewegung über mehrere Werte gescrollt werden kann, sondern jede Wischbewegung einer Erhöhung bzw. Verringerung eines Wertes um eine Stufe entspricht.

Ziel dieses Vorgehens war es, neben dem generellen Vergleich der unterschiedlichen Eingabemodalitäten, herauszufinden, welche Art der Bedienung die Anwender für bestimmte Funktionen im Fahrzeug bevorzugen.

## 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

Ausgehend von der in **Kapitel 3** beschriebenen Konzeptvorgabe wird im Folgenden die Implementierung der Touch-Screen-Bedienung am Beispiel einer Klimasteuerung dargelegt.

Dies beinhaltet mit Blick auf die Evaluierung sowohl die Umsetzung des Ausgangskonzepts in zwei verschiedenen Varianten, als auch die Umsetzung der Referenzmodelle. Zu letzteren zählt dabei neben den in **Kapitel 3** beschriebenen Vergleichskonzepten zusätzlich die Bedienung über eine konventionelle Klimabedienleiste mittels Schaltern und Knöpfen.

Die Wahl des Anwendungsgebietes in Form der Klimasteuerung ging dabei im Wesentlichen auf den Wunsch zurück, neben der Evaluierung der verschiedenen Bedienkonzepte, eine Aussage bezüglich der Akzeptanz einer Ausweitung der Touch-Screen-Bedienung treffen zu können, die über den Bereich des Infotainment-Systems hinaus geht.



**Abbildung 4.1.:** Physischer Aufbau des Prototyps: Im unteren Bereich der Mittelkonsole wurde ein Android-Tablet als Demonstrator für einen Touch-Screen angebracht. Darüber zu sehen ist die traditionelle Klimabedienleiste. Am oberen Rand der Mittelkonsole wurde ein Head-Up-Display zur Anzeige aktueller Einstellungen montiert.

Die Basis des hier implementierten Prototyps bilden ein 7“ Tablet mit Android-Betriebssystem in Form eines *Nexus 7*, welches als Demonstrator für einen Fahrzeug-Touchscreen verwendet wurde, sowie eine funktionsfähige Mittelkonsole einer Mercedes C-Klasse (Baureihe W205), inklusive des am oberen Rand der Mittelkonsole angebrachten Bildschirms zur Anzeige aktueller System-Einstellungen und

#### 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

---

weiterer Infotainment-Darstellungen (Letztere sind in diesem Kontext allerdings zu vernachlässigen). Durch die Wahl der Mittelkonsole und dem angestrebten Evaluierungsziel, einen Vergleich der Touch-Screen-Bedienung zur traditionellen Variante über Knöpfe und Schalter ziehen zu können, wurde der Funktionsumfang der Klimasteuerung durch die verwendete Klimabedienleiste vorgegeben. Diese umfasst im Wesentlichen übliche Einstellungsoptionen wie das Ein- und Ausschalten der Klimaanlage, der Umluft, des Windschutzscheibenentzugs oder der Heckscheibenbeheizung, sowie eine globale Einstellung zur Stärke der Gebläsestufe. Im Fall der Temperatur und der Luftverteilung werden separate Einstellungsmöglichkeiten auf Fahrer und Beifahrerseite angeboten. Die aktuell vorgenommenen Einstellungen werden stets am unteren Rand des angebrachten *Head-Unit*-Bildschirms angezeigt (Abb. 4.1 oben). Zum besseren Verständnis des implementierten Funktionsumfangs und der zugeordneten Begrifflichkeiten bietet Abbildung 4.2 eine Übersicht bezüglich der Begriffe, Einstellungsmöglichkeiten und damit in Verbindung stehender Symbole.

Luftverteilung		
		Windschutzscheibe und Beine
		Körper, Beine und Windschutzscheibe
		Windschutzscheibe und Körper
		Windschutzscheibe
		Körper
		Beine und Körper
		Beine
Weitere Klima-Funktionen		
		Temperatur: LO, 16, 17, ..., 26, 27, HI
		Gebläse-Stufe: 1 ... 7
		Frontscheibe entfrosten
		Kühlung / Klimaanlage
		Heckscheibenbeheizung
		Umluft (-betrieb)

**Abbildung 4.2.:** Funktionsumfang der Klimasteuerung

## 4.1. Geräte- und Softwarearchitektur

Um eine Synchronisierung der eingestellten Werte durch die Klimabedienleiste und das Android-Tablet, sowie der Anzeige auf dem *Head-Unit*-Bildschirm zu gewährleisten, musste zunächst eine Verbindung zwischen den verschiedenen Komponenten geschaffen werden, die anschließend mithilfe einer Simulationssoftware koordiniert wurde. Die Integration dieser Simulation wurde unter Verwendung der *CANoe*-Software<sup>1</sup> von *Vector-Informatik* realisiert, die auf einem separaten Rechner lief und per Adapter von USB auf CAN bzw. LIN mit den verschiedenen Komponenten kommunizierte. Das Android-Tablet wurde unter zusätzlicher Anbringung eines CAN-Bluetooth-Adapters angebunden, der sowohl das Lesen, als auch das Senden von CAN-Botschaften auf den angeschlossenen CAN-Bus ermöglicht. Konkret verwendet wurde in diesem Fall der *C2Bt2*<sup>2</sup> der *CASE GmbH*.

Zur Veranschaulichung der genauen Geräte-Architektur empfiehlt es sich zunächst einen Blick auf Abbildung 4.3 zu werfen.

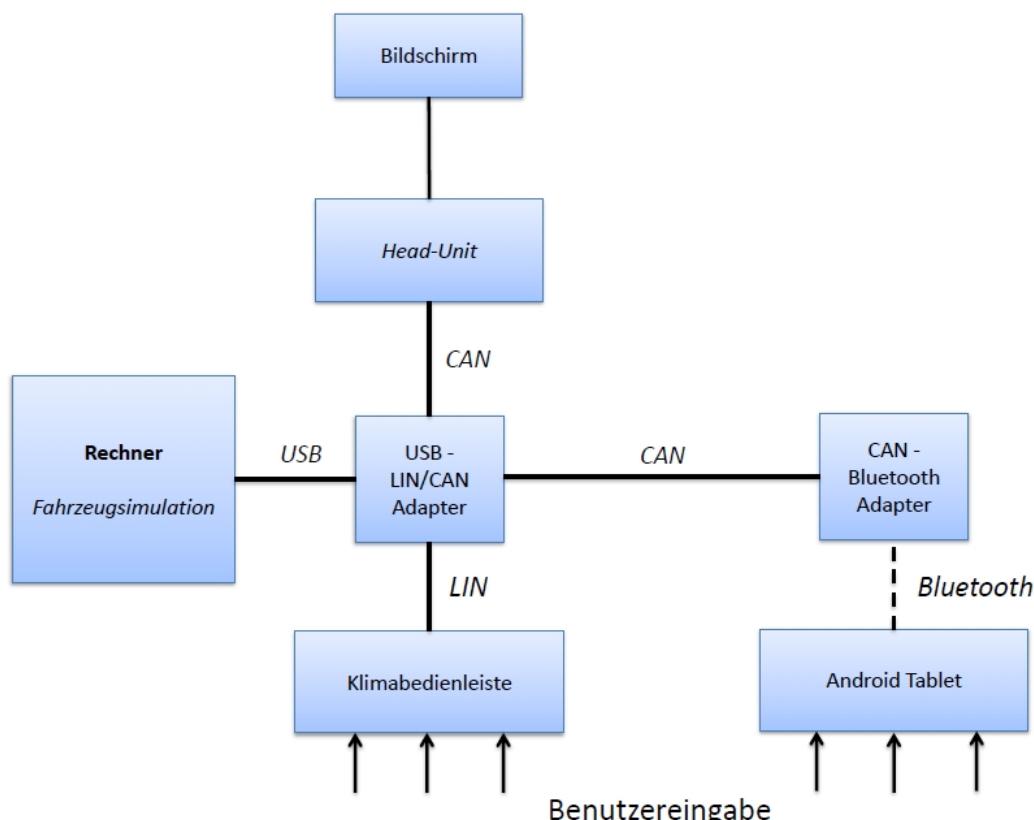


Abbildung 4.3.: Abstrakte Darstellung der Hardware-Architektur und Vernetzung des Prototyps

<sup>1</sup>[http://vector.com/vi\\_canoe\\_de.html](http://vector.com/vi_canoe_de.html) (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

<sup>2</sup>[http://www.case-gmbh.de/prod\\_SensorMesstechnik.htm](http://www.case-gmbh.de/prod_SensorMesstechnik.htm) (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

#### 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

---

Da die Klimabedienleiste im Normalfall mit dem Klimasteuerergerät des Fahrzeugs kommuniziert, musste letzteres als Teil der Simulation umgesetzt werden. Wesentlicher Aufgabenbestandteil dieser Simulation ist die Speicherung der aktuell gültigen Einstellungen, sowie die Anpassung dieser bei einer Interaktion des Anwenders mit der Klimabedienleiste oder dem Tablet. Der programmiertechnische Teil dieser Simulation wurde dabei unter Verwendung der *Vector*-proprietären Programmiersprache *CAPL* realisiert [47]. Dabei handelt es sich um eine auf C-aufbauende Event-basierte Hochsprache, die unter anderem vereinfacht das Lesen sowie das Senden von CAN- oder auch LIN-Botschaften ermöglicht.

Zum besseren Verständnis der Synchronisierungslogik dieser Simulation soll im Folgenden die konkrete Umsetzung mithilfe einiger Code-Ausschnitte erläutert werden. Beispielhaft hierfür wird die Anpassung der Temperatur auf Fahrerseite gewählt.

Grundsätzlich erfolgt die Kommunikation zwischen der Simulationssoftware und den Steuerungskomponenten (Klimabedienleiste und Tablet) über das Senden und Empfangen von *Request*- und *Status*-Botschaften. Dies gilt unabhängig davon, ob die Übertragung über ein LIN oder CAN stattfindet. Während *Requests* von der jeweiligen Steuerungskomponente an die Simulationssoftware gesendet werden, stellen *Status*-Botschaften prinzipiell die Antwort der Simulation dar. *Status*-Botschaften verhalten sich dabei dominant gegenüber den entsprechenden *Requests*. D.h., führt das Anpassen eines *Request*-Signals nicht innerhalb einer bestimmten Zeit zur entsprechenden Anpassung der empfangenen *Status*-Botschaften, wird der *Request* durch den aktuellen *Status* überschrieben, somit also im Grunde genommen zurückgezogen. Deutlicher wird dieser Ablauf am Beispiel.

Bei einem Tastendruck der Klimabedienleiste, beispielsweise zur Temperatureinstellung auf Fahrerseite, wird eine Änderung des entsprechenden *Request*-Signals vorgenommen, welches über ein LIN normalerweise vom Klimasteuerergerät, in diesem Fall also von der Simulationssoftware empfangen wird. Die Anpassung der *Request*-Botschaft selbst erfolgt dabei unabhängig von der Simulation durch die in der Klimabedienleiste verbaute Software. Ausgehend von der durch *CANoe* automatisierten Erkennung einer Signaländerung, wird die in Codefragment 4.1 dargelegte Funktion aufgerufen. Diese bewirkt neben der Speicherung der neuen Temperatureinstellung in einer globalen Variablen, die Aktualisierung des entsprechenden *Status*-Signals und sendet die dazugehörige Botschaft an die Klimabedienleiste zurück.

---

##### Codefragment 4.1 Beispielcode zur Anpassung der Temperatur auf Fahrerseite (Teil 1)

---

```
on signal_change HVAC_Temp_FL_Psd_HVAC_F_H_CTRL
{
    if ($HVAC_Temp_FL_Psd_HVAC_F_H_CTRL == 1)
    {
        // Speicherung der Temperatureinstellung auf Fahrerseite von einem Request-Signal in eine
        // globale Variable
        @sysvar::HMI::HVAC_Temp_Zone1_Stat = $HVAC_Temp_FL_Rq_HVAC_F_H_CTRL.phys;
        // Status-"Antwort" der Simulation an die Klimabedienleiste
        msg_HVAC_CTRL_Frm2_H_CTRL.HVAC_Temp_Zone1_Stat_H_CTRL.phys =
            @sysvar::HMI::HVAC_Temp_Zone1_Stat;
        msg_HVAC_CTRL_Frm1_H_CTRL.HVAC_Temp_Zone1_Disp_Rq_H_CTRL = 1;
        msg_HVAC_CTRL_Frm1_H_CTRL.HVAC_SelfChg_TempDisp_FL_Enbl_H_CTRL = 1;
    }
}
```

---

Zur Synchronisierung der Einstellung auf Tablet-Seite wird an einer weiteren Stelle bei Änderung der globalen Variable die Funktion in Codefragment 4.2 aufgerufen, die wiederum eine Anpassung des *Status*-Signals an das Tablet zur Folge hat. Die entsprechende Anpassung der vom Tablet ausgehenden *Request*-Botschaft, und damit die Realisierung der *Status*-Dominanz, werden durch die auf dem Tablet laufende Software vorgenommen. Zuletzt wird nach dem gleichen Prinzip in einer weiteren simulierten Komponente das Signal an die *Head-Unit* aktualisiert, was schließlich zur Anzeige der aktuellen Klimaeinstellungen auf dem oberen Bildschirm führt.

#### Codefragment 4.2 Beispielcode zur Anpassung der Temperatur auf Fahrerseite (Teil 2)

```
on sysvar_change sysvar::HMI::HVAC_Temp_Zone1_Stat
{
  // Anpassung der Temperatureinstellung auf Fahrerseite von einer globalen Variable in ein Status
  // Signal
  msg_TSB_Rs.HVAC_Temp_FL_Stat.phys = @sysvar::HMI::HVAC_Temp_Zone1_Stat;
}
```

Bei Bedienung einer Touch-Variante der Klimasteuerung über das Tablet erfolgt die Synchronisierung durch die Simulation im Grunde genommen analog in die andere Richtung. Auf eine detailliertere Beschreibung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

#### 4.1.1. Software-Architektur des Android-Tablets

Die auf Tablet-Seite integrierte Software besteht neben den Bestandteilen zur Entwicklung der graphischen Benutzeroberfläche im Wesentlichen aus zwei Komponenten, unter deren Verwendung die Anbindung nach außen, respektive der Simulationssoftware erfolgt. Abbildung 4.4 stellt eine abstrahierte Darstellung der angewandten Software-Architektur dar. Implementiert wurde diese auf Basis der Android-Plattform und damit verbunden größtenteils in Java und XML entwickelt.

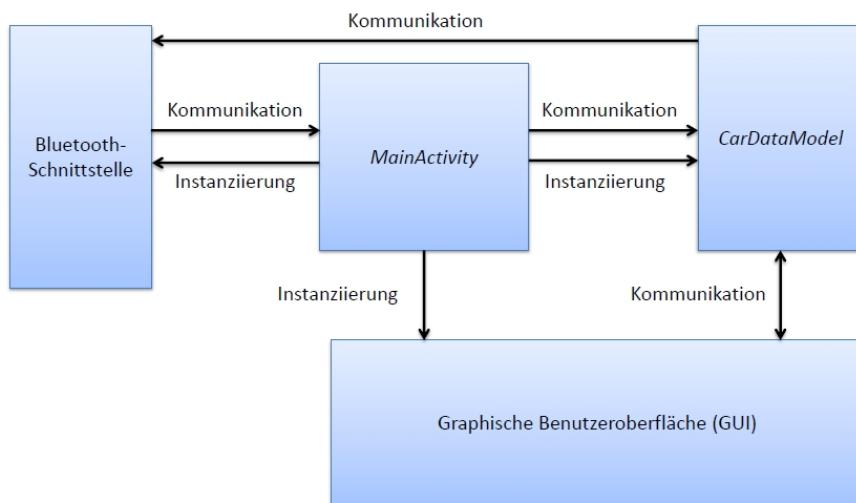


Abbildung 4.4.: Abstrahierte Darstellung der Software-Architektur des Android-Tablets

#### 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

---

Zu den wichtigsten Komponenten, die kein direkter Bestandteil der graphischen Benutzeroberfläche (GUI) sind, zählt unter anderem die Bluetooth-Schnittstelle, welche in wesentlichen Zügen auf dem Entwurfsmuster einer Fabrikmethode [19] basiert. Ausgehend von einem Bluetooth-Datenstrom der über das *Serial Port Profile*, also einer seriellen Datenübertragung, zwischen dem Tablet und dem Bluetooth-CAN-Adapter hergestellt wird, erstellt diese Schnittstelle bei Einlesen einer vollständigen CAN-Botschaft ein neues Datenobjekt, welches den Inhalt dieser Botschaft abspeichert und damit prinzipiell die CAN-Botschaft auf Tablet-Ebene repräsentiert.

Die auf diese Weise erstellten Datenpakete werden über die *MainActivity* (vgl. Abbildung 4.4) an das *CarDataModel* weitergeleitet. Bei letzterem handelt es sich um eine *Singleton*-Komponente [19], die im Wesentlichen zur Speicherung sämtlicher für die GUI aktuell gültigen Einstellungswerte dient. Sie ist neben der Kommunikation zwischen den Komponenten der graphischen Benutzeroberfläche und der Simulationssoftware insbesondere für die korrekte Werte-Anpassung der GUI-Elemente selbst verantwortlich. Letzteres wurde dabei unter Verwendung eines typischen *Listener*-Musters [19] realisiert. GUI-Komponenten können unter Implementierung eines entsprechenden Interfaces als Beobachter des *CarDataModels* eingetragen werden, wodurch sie anschließend von diesem aktiv bei Veränderung einer Einstellung benachrichtigt werden.

---

#### Codefragment 4.3 Setter-Methode des CarDataModels zur Anpassung der Temperatureinstellung auf Fahrerseite

---

```
public void setHVACAirTemperatureLeft(int value)
{
    // check for pressed state reset
    if (value == -1)
    {
        c2bt2.getTxFrame().setHvacTempFlPsd(0);
        return;
    }

    // update value
    this.hvacAirTemperatureLeft = value;
    c2bt2.getTxFrame().setHvacTempFlPsd(2); // set this to be pressed
    c2bt2.getTxFrame().setHvacTempFlRq(hvacAirTemperatureLeft);
    hvacUpdateTimeout.restart();

    notifyListeners();
}
```

---

Wird hingegen die Veränderung einer Einstellung über ein GUI-Element wie beispielsweise einem Regler oder einem virtuellen Button vorgenommen, ruft die angesprochene Komponente eine entsprechende Methode des *CarDataModels* auf. Codefragment 4.3 veranschaulicht dies am Beispiel der Temperatureinstellung auf Fahrerseite.

Ausgehend von einem solchen Methodenaufruf übernimmt das *CarDataModel* die Kommunikation mit der Bluetooth-Schnittstelle, welche nach Anpassung des entsprechenden Wertes innerhalb der CAN-Botschaft, diese an den Adapter weiterleitet, der wiederum den CAN-Bus beschreibt und die Anpassung somit an die Simulationssoftware sendet.

## 4.2. Bedienvarianten der Klimasteuerung

Aufbauend auf der zuvor beschriebenen Basis wurden die vier Touch-Screen-Varianten zur Bedienung der Klimasteuerung umgesetzt, die im Folgenden näher beschrieben werden sollen. Zusätzlich wird kurz auf die als Referenzmodell dienende Steuerung der traditionellen Variante eingegangen.

### 4.2.1. Traditionelle Klimabedienleiste



**Abbildung 4.5.:** Traditionelle Klimabedienleiste

Die klassische Klimabedienleiste der gewählten Mittelkonsole verfügt über 9 Schalter die in ihrer Bedienung einer Tastenwippe ähneln. Durch Drücken einer Taste in die obere Richtung lässt sich ein entsprechend zugeordneter Wert der Klimasteuerung einmalig erhöhen, durch Drücken nach unten wird der entsprechende Wert verringert. Am Beispiel der Temperatur auf Fahrerseite veranschaulicht, bedeutet dies, dass beispielsweise dreimaliges Drücken des linken Temperatur-Schalters nach unten, die Temperatur um drei Stufen verringert. Ein „Gedrückt halten“, um mehrere Werte zu überspringen, ist nicht möglich.

Aus studientechnischen Gründen wurden zwei der neun Schalter deaktiviert und dementsprechend abgeklebt. Alle weiteren Schalter bilden den zu Beginn dieses Kapitels beschriebenen Funktionsumfang ab. Dazu zählen neben der Temperatur die globale Einstellung der Gebläsestufe, deren Bedienung analog zur Temperatur erfolgt, sowie die Luftverteilung auf Fahrer- und Beifahrerseite (vgl. Abbildung 4.5). Bei letzterer wird der Schalter zum Durchklicken der Liste in Abbildung 4.2 benutzt, die in einer Schleife läuft. D.h., wird bei Erreichen des höchsten Wertes der Schalter erneut nach oben gedrückt, fängt die Liste wieder beim niedrigsten Wert an.

Die Ein- und Ausschaltoptionen (Umluft, Heckscheibenbeheizung, Windschutzscheibenenteiser und Klimaanlage) wechseln ihren Zustand unabhängig davon, ob der Schalter nach oben oder unten gedrückt wird. Eine eingeschaltete Option wird durch eine LED am Schalter selbst signalisiert, auf eine zusätzliche Anpassung der Anzeige auf dem oberen Bildschirm wurde daher in diesem Fall verzichtet.

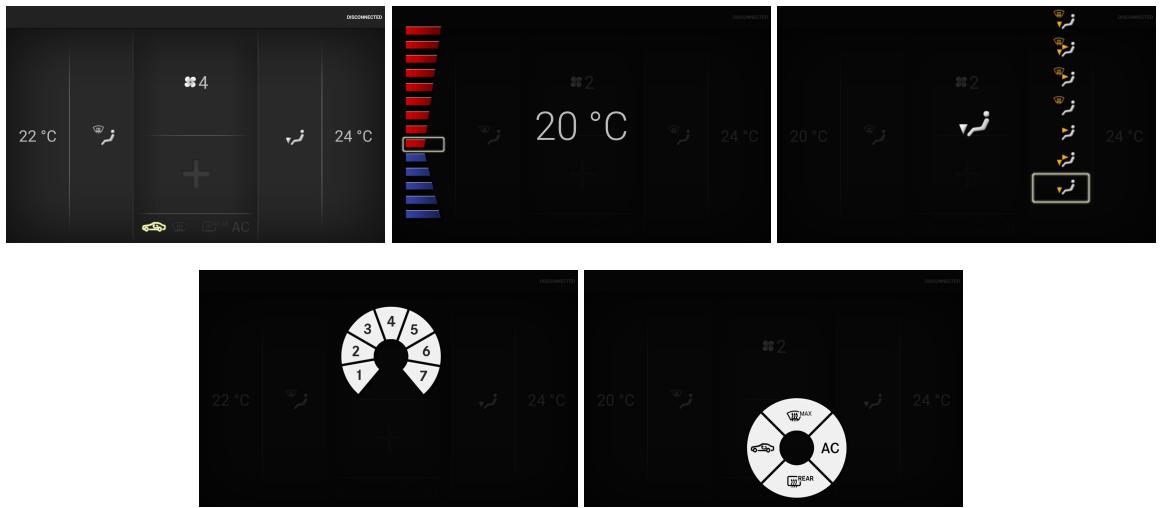
### 4.2.2. Touch-Variante 1: *Relative Swipe*

Touch-Variante 1, im Folgenden als *Relative Swipe* bezeichnet, stellt die erste von zwei Umsetzungen des in **Kapitel 3.1** beschriebenen Ausgangskonzepts dar.

Dazu wurde der Bildschirm zunächst in drei Bereiche bezüglich der Einstellungen auf Fahrer- / Beifahrerseite und den globalen Einstellungsmöglichkeiten unterteilt.

#### 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

---



**Abbildung 4.6.:** Bedienoberfläche der Relative Swipe-Variante ohne Multi-Touch-Unterstützung

Berührt der Anwender die äußere Hälfte der linken bzw. rechten Bedienfläche, öffnet sich ein *Popup Slider* zur Einstellung der jeweiligen Temperatur. Dieser erscheint, wie in **Kapitel 3.1.1** dargelegt, relativ zu der Position, die der Finger bei der Bildschirmberührung hat. Durch Wischbewegungen nach oben oder unten kann die gewünschte Temperatur eingestellt werden, bei Anheben des Fingers schließt sich der Regler wieder. Analog dazu erscheint bei Kontakt mit der inneren Hälfte ein *Popup Slider*, der eine Liste zum Einstellen der gewünschten Luftverteilung darstellt, jeweils auf Fahrer- und Beifahrerseite.

Im Bereich der globalen Einstellungen wurde eine zusätzliche vertikale Unterteilung vorgenommen. Eine Berührung der oberen Bedienfläche führt zum Öffnen eines *Pie Menu* zur Einstellung der Gebläsestufe. Während die Bedienung dabei wie in **Kapitel 3.1.1** beschrieben erfolgt, ist das Layout streng genommen nicht ganz konform zum Ursprungskonzept, erschien mit Blick auf die Evaluierung des Konzepts jedoch sinnvoll.

Berührt der Anwender hingegen die untere Hälfte, erscheint ein *Pie Menu* zum Auswählen der verschiedenen Ein- und Ausschaltoptionen. Bei Anwählen und Aktivieren einer Funktion durch Anheben des Fingers wechselt diese ihren jeweiligen Zustand. Zur Visualisierung der aktuellen Zustände wurden am unteren Rand vier Icons angebracht, die aufleuchten, wenn eine Funktion aktiv ist. Sie entsprechen damit prinzipiell den LEDs der konventionellen Klimabedienleiste. Abbildung 4.6 zeigt dies am Beispiel der Umluft.

##### 4.2.3. Touch-Variante 2: *Relative Swipe (Multi-Touch)*

Vor dem Hintergrund, Erkenntnisse bezüglich der optimierten Nutzung des Bildschirmraumes gewinnen zu wollen, wurde eine angepasste *Relative Swipe*-Variante implementiert, die auf die Unterstützung einer Multi-Touch-Erkennung zurückgreift.

Die grundsätzliche Unterteilung in Bedienflächen zu Fahrer-, Beifahrer- und globalen Einstellungsmöglichkeiten bleibt zunächst die gleiche. Anders als zuvor jedoch, wurde auf eine weitere Aufteilung verzichtet. Stattdessen öffnen sich unterschiedliche *Popup-Menus* in Abhängigkeit der Fingerzahl bei

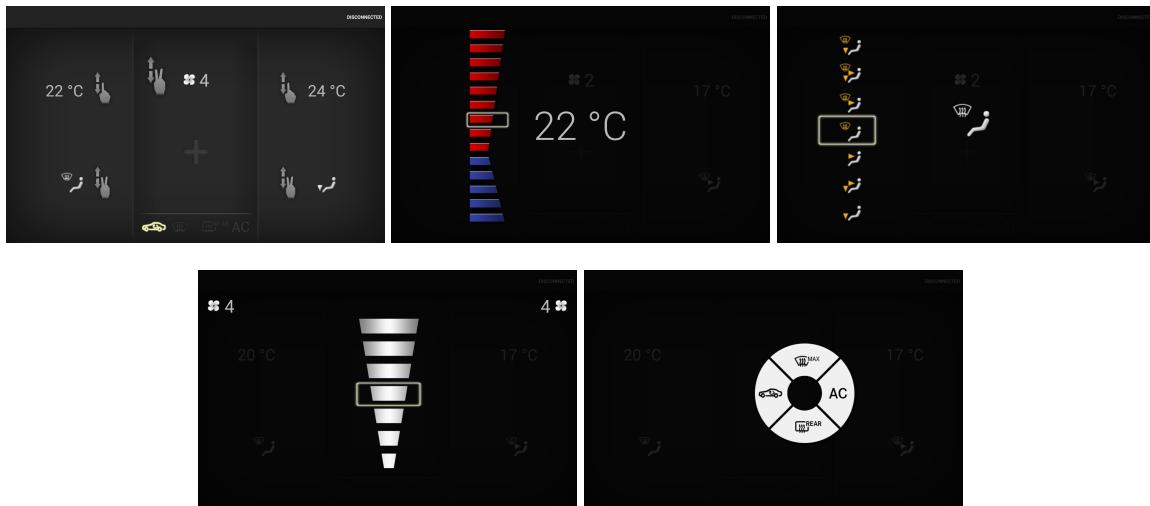


Abbildung 4.7.: Bedienoberfläche der Relative Swipe-Variante mit Multi-Touch-Unterstützung

Berührung des Bildschirms. Die Zeitspanne zur Erkennung der Anzahl der Touch-Eingaben wurde dabei nach mehrfachen Tests auf 150 Millisekunden festgelegt.

Berührt der Anwender die Bedienfläche beispielsweise auf Fahrer- oder Beifahrerseite mit einem Finger, öffnet sich ein *Popup-Slider* zur Einstellung der jeweiligen Temperatur. Die Bedienung über Wischbewegungen erfolgt dabei genauso wie auch zuvor. Werden hingegen zwei Finger verwendet, erscheint die Liste zur Einstellung der Luftverteilung. Als Referenzpunkt für die relative Ausrichtung und die Wischbewegung dient bei Mehrfinger-Gesten die mittlere Position zwischen den beiden Touch-Eingaben.

Bei Kontakt mit der mittleren Bedienfläche öffnet sich bei einem Finger das gewohnte *Pie Menu* zum Ansteuern der Ein- und Ausschaltoptionen. Zwei Finger lassen anders zuvor einen *Popup-Slider* zur Einstellung der Gebläsestufe erscheinen. Die Wahl des Letzteren sollte unter anderem einen direkten Vergleich zwischen einem stark unterteilten *Pie Menu* wie in Variante 1 und einem Regler ermöglichen.

Sämtliche Zuordnungen von Ein- und Zwei-Finger-Gesten wurden auf der Grundlage der angenommen Nutzungshäufigkeit vorgenommen, sprich im Falle der Fahrer-/Beifahrereinstellungen wurde beispielsweise davon ausgegangen, dass die Temperatur häufiger verändert wird als die Luftverteilung.

#### 4.2.4. Touch-Variante 3: Direct-Touch

Als erstes Touch-Referenzmodell wurde eine *Direct-Touch*-Steuerung gewählt, die wie in **Kapitel 3.2** beschrieben vollständig auf *Popup-Menüs* verzichtet, und dem Anwender die Bedienelemente stattdessen permanent anzeigt.

Zur Einstellung der Temperatur und der Gebläsestufe wurden Regler gewählt, die über einfaches Tippen direkt auf einen bestimmten Wert gesetzt werden können. Gleichzeitig ist es möglich, mit dem Finger über die Bedienfläche des Reglers zu wischen, sodass dieser zunächst an die Fingerposition fährt und anschließend der Bewegung folgt. Die Einstellung der Luftverteilung erfolgt prinzipiell

#### 4. Prototyp: Touch-Bedienung auf der Mittelkonsole

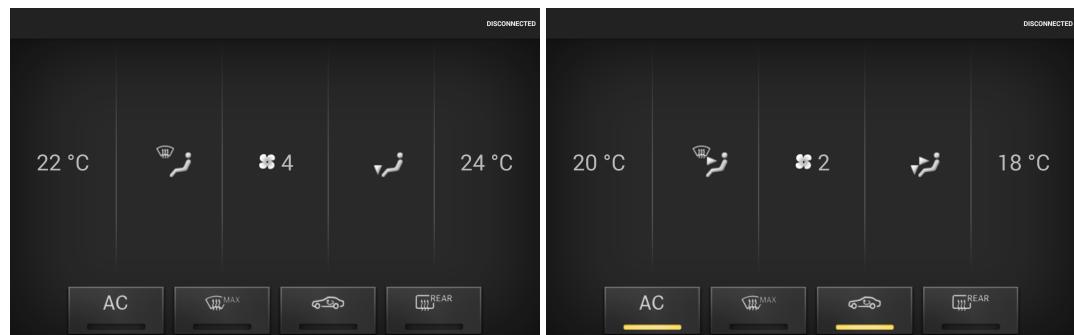


**Abbildung 4.8.:** Bedienoberfläche der Direct-Touch-Variante

auf dem gleichen Weg und wird lediglich anders dargestellt. Wie bei den Reglern ist sowohl hier einfaches Tippen als auch das Wischen möglich.

Die Ein- und Ausschaltoptionen wurden mithilfe von virtuellen Buttons realisiert, ihr Zustand kann dementsprechend über einfaches Tippen gewechselt werden. Ob eine Funktion aktiviert ist, wird dabei durch das LED-nachempfundene Highlighting des Buttons visualisiert.

##### 4.2.5. Touch-Variante 4: *Serial Swipe*



**Abbildung 4.9.:** Bedienoberfläche der Serial Swipe-Variante

Ausgehend von der *Direct-Touch*-Steuerung, die im Grunde genommen die konventionellste der hier beschriebenen Touch-Varianten darstellt, wurden im zweiten Touch-Referenzmodell die Regler durch einfache Bedienfelder ausgetauscht, deren Interaktion erneut über Wischgesten funktioniert. Anders als in den zuvor beschriebenen Konzepten, sollte dabei eine Wischbewegung einer Werteveränderung von stets genau einer Stufe entsprechen. Am Beispiel der Temperatur veranschaulicht bedeutet dies, dass beispielsweise dreimaliges Wischen nach oben, unabhängig von der Länge der Wischbewegung, zu einer Erhöhung der Temperatur von 3 Grad führt. Wischbewegungen nach unten entsprechen nach dem gleichen Prinzip einer Verringerung. Im Fall der Luftverteilung scrollt man wie bei den klassischen Schaltern der Klimabedienleiste durch eine Liste, die in einer Schleife läuft. Für die Ein- und Ausschaltoptionen wurden die Buttons der *Direct-Touch*-Variante übernommen, um eine zwanghaft unsinnige Zuordnung auf Wischbewegungen zu vermeiden. Streng genommen handelt es sich bei *Serial Swipe* daher um eine Hybrid-Variante.

# 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

Zur Evaluierung der in **Kapitel 3** beschriebenen Touch-Screen-Konzipierung für Automobile wurde eine Fahrsimulator-Studie mit dem in **Kapitel 4** vorgestellten Prototyp durchgeführt. Im Folgenden wird zunächst auf den Aufbau und die Durchführung dieser Studie eingegangen, um anschließend in der Auswertung einen detaillierten Überblick der Ergebnisse liefern können.

## 5.1. Studienaufbau und Vorbereitung

Die Grundlage der Hardware-Komponenten des Studienaufbaus bilden neben dem implementierten Prototyp ein 55“ Monitor mit zusätzlichem Rechner, auf denen ein Fahrsimulator ausgeführt wird, sowie ein Lenkrad und Pedale zur Steuerung des simulierten Fahrzeugs. Konkret wurde für letztere auf das *Logitech G27 Racing Wheel*-Paket<sup>1</sup> zurückgegriffen, dies allerdings ohne Verwendung des dazugehörigen Schalthebels. Abbildung 5.1 zeigt den physischen Aufbau der Fahrsimulator-Studie.



**Abbildung 5.1.:** Physischer Aufbau des Fahrsimulators unter Verwendung des entwickelten Prototyps, einem 55“ Zoll Monitor, dem Logitech G27 Racing Wheel-Paket und dem iViewX RED 250 Eye-Tracker

<sup>1</sup><http://gaming.logitech.com/de-de/product/g27-racing-wheel> (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

Grundlegendes Prinzip der Benutzerstudie sollte es sein, den Teilnehmern der Studie während der Fahrt am Simulator Aufgaben zur Bedienung der Klimasteuerung über den Touch-Screen bzw. die Klimabedienleiste zu geben. Die Interaktion mit den verschiedenen Bedienvarianten (im Folgenden auch Konditionen genannt) erfolgt dabei der Reihe nach, d.h. der Versuchsleiter wählt pro Fahrt eine neue Kondition aus. Um die Beeinflussung auszugleichen, die jede Variante auf die ihr nachfolgenden Konditionen ausübt, wurde ein *Latin Square*<sup>2</sup> aus den Varianten gebildet, das die Reihenfolge für jeden Probanden festlegt, dargestellt in Abbildung 5.2. Dieses wird dabei zeilenweise durchgegangen und von oben wiederholt sobald man bei der letzten Zeile angekommen ist. Neben den fünf Bedienvarianten wurde als zusätzliche Kondition eine Referenzfahrt hinzugefügt, bei der es sich um eine gemessene Fahrt handelt, die ohne die Anwendung von Nebenaufgaben erfolgt.

Reference	Traditional	Relative Swipe (Multi-Touch)	Serial Swipe	Relative Swipe	Direct-Touch
Traditional	Serial Swipe	Reference	Direct-Touch	Relative Swipe (Multi-Touch)	Relative Swipe
Serial Swipe	Direct-Touch	Traditional	Relative Swipe	Reference	Relative Swipe (Multi-Touch)
Direct-Touch	Relative Swipe	Serial Swipe	Relative Swipe (Multi-Touch)	Traditional	Reference
Relative Swipe	Relative Swipe (Multi-Touch)	Direct-Touch	Reference	Serial Swipe	Traditional
Relative Swipe (Multi-Touch)	Reference	Relative Swipe	Traditional	Direct-Touch	Serial Swipe

**Abbildung 5.2.:** Latin Square zur Bestimmung der Reihenfolge der Konditionen für die Studienteilnehmer

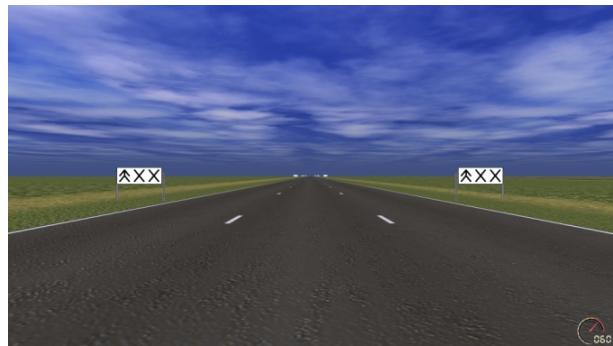
### 5.1.1. Lane Change Task und Nebenaufgaben

Bei der Wahl des Fahrsimulators und der Methodik zur Durchführung der Studie wurde auf den *Lane Change Task* (LCT) [30] zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um einen von der Daimler AG entwickelten ISO Standard (beschrieben in der Norm 26022 [15]) zur Messung des Einflusses von Nebenaufgaben durch ein Sekundärsystem auf die Fahrleistung.

Primäre Aufgaben des Fahrers sind hierbei das Wechseln und Halten der aktuellen Fahrspur. Zur Stu diendurchführung verfügt die LCT-Software über 10 Strecken, deren Fahrdauer jeweils ca. 3 Minuten entspricht. Die Fahrt beginnt dabei grundsätzlich vor oder in einer Kurve, auf die eine ausschließlich gerade Fahrbahn mit drei Spuren folgt. Für den gesamten Verlauf dieser Fahrbahn mit Ausnahme der Startkurve muss der Proband das Gaspedal vollständig durchtreten, um die Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h zu halten. Nach überschreiten einer Start-Markierung erscheinen am Straßenrand, wie in Abbildung 5.3 dargestellt, weiße Schilder, auf denen der als nächstes vorzunehmende Spurwechsel angezeigt wird. Im Beispiel der Abbildung handelt es sich dabei um einen Wechsel auf die linke Spur.

<sup>2</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Latin\\_square](http://en.wikipedia.org/wiki/Latin_square) (Letzte Überprüfung: 18.11.2014)

Dies erfordert relativ schnelle Fahr-Manöver, da der Spurwechsel sofort bei Erkennen des Schildes durchgeführt werden sollte, sodass er im Optimalfall bei Erreichen des Schildes abgeschlossen ist. Jede Strecke ist mit 18 Schildern ausgestattet, die im durchschnittlichen Abstand von 150 Metern so verteilt sind, dass alle 6 möglichen Fahrspurwechsel (Spur 1 auf Spur 2, Spur 1 auf Spur 3, Spur 2 auf Spur 1 usw.) pro Strecke dreimal erscheinen. Die Reihenfolge der Schilder ist dabei auf den verschiedenen Strecken unterschiedlich, um Lerneffekte der Studienteilnehmer vermeiden zu können.



**Abbildung 5.3.:** Lane Change Task Fahrsimulator

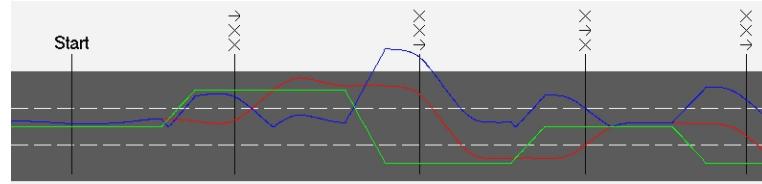
Während der Messfahrten einer Studie sieht der LCT es neben einer Referenzfahrt vor, dass der Versuchsleiter dem Fahrer nacheinander Anweisungen bezüglich verschiedener Nebenaufgaben gibt. Im Kontext der hier durchgeführten Studie handelt es sich dabei um Aufgaben zur Einstellung der Klimasteuerung. Konkrete Beispiele dazu wären unter anderem das Erhöhen der Temperatur auf Fahrerseite um eine gewisse Grad-Zahl oder das Setzen der Gebläsestufe auf einen bestimmten Wert. Eine vollständige Liste der in dieser Studie verwendeten Nebenaufgaben findet sich im Anhang. Sämtliche Aufgaben waren dabei durch die Interaktion mit einem einzigen Bedienelement lösbar, d.h. beispielsweise einem physischen Schalter oder einem virtuellen Touch-Bedienelement. Eine Korrektur bei Fehleingaben wurde zugelassen, sofern diese in zeitlicher Nähe geschah.

Die Vermittlung der Anweisungen zu den Nebenaufgaben erfolgte semi-automatisch. Zu diesem Zweck wurden die Software-Komponenten des Prototyps so angepasst, dass es dem Versuchsleiter ermöglicht wurde, bei Tastendruck auf dem Rechner zur Betreibung des Prototyps eine neue Aufgabe zu starten. Erfolgt ein solcher Tastendruck wird durch die Software des Android-Tablets eine zufällige und bis zu diesem Zeitpunkt unverwendete Aufgabe ausgewählt, was sich durch das Abspielen einer verbalen Anweisung im Stil einer Navigationsansage erkennbar macht. Durch anschließendes Drücken einer weiteren von zwei Tasten, kann der Versuchsleiter entscheiden, ob die Aufgabe als korrekt gelöst oder nicht bestanden beendet werden soll.

Zur Bewertung der Fahrleistung unter Einfluss solcher Nebenaufgaben wird der Fahrverlauf des Probanden von der LCT-Software aufgezeichnet und anschließend mit einem normativen Modell, im Prinzip also einer Ideallinie verglichen, indem die mittlere Abweichung der beiden Linien berechnet wird. Abbildung 5.4 veranschaulicht dies am Beispiel. Während die rote Linie den tatsächlich gefahrenen Verlauf beschreibt, stellt die grüne Linie das normative Modell dar. Die blaue Linie beschreibt die Abweichung.

## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---



**Abbildung 5.4.:** Lane Change Task Auswertung: Die blaue Linie stellt die Abweichnung der tatsächlichen Fahrleistung (rote Linie) von einem normativen Modell (grüne Linie) dar

### 5.1.2. Datenaufzeichnung

Zur Datenaufzeichnung wurde auf dem Android-Tablet zunächst eine Daten-Logger-Komponente implementiert, die in erster Linie zur Messung und Speicherung von Interaktionszeiten und Fehlern beim Lösen der Studienaufgaben dient. Die Ansteuerung dieser Komponente erfolgt dabei durch den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Tastendruck des Versuchsleiters mithilfe einer Anpassung der Simulationssoftware. Diese sendet ein Signal an das Tablet, wodurch letzteres, neben dem Abspielen einer zufälligen Anweisung, eine neue Aufzeichnung bezüglich der Interaktion des Probanden mit dem Tablet bzw. der klassischen Klimabedienleiste startet. Ein weiterer Tastendruck ermöglicht das Stoppen dieser Aufzeichnung. Die Daten dazu werden im XML-Format abgespeichert. Zur besseren Veranschaulichung bietet Codefragment 5.1 einen kurzen Beispielausschnitt der gespeicherten Daten.

---

#### Codefragment 5.1 Beispielcode der Logging-Daten durch das Android-Tablet

---

```
<Task
  Id="AirDistributionLeftBodyLegs"
  StartTime="1413212835374"
  EndTime="1413212843052"
  Success="true"
  Duration="5431" >
  <Interaction
    Type="Swipe"
    StartTime="1413212839156"
    EndTime="1413212840805"
    Duration="1649"
    StartPosition="478:715"
    EndPosition="532:1062"
    SwipeLength="351" />
</Task>
```

---

Des Weiteren wurde zur Aufzeichnung des Blickverhaltens hinter dem Lenkrad ein stationärer Eye-Tracker angebracht. Hintergrund dieser Komponente war in erster Linie der Wunsch, eine objektive Messung der visuellen Ablenkung durchführen zu können, die durch die Bedienung der

verschiedenen Varianten bedingt wird. Konkret verwendet wurde dazu der *iViewX RED 250*<sup>3</sup> von *SensoMotoric Instruments*. Die Ansteuerung erfolgt dabei über die *iViewX*-Software.

Weitere Studiendaten wurden allem voran mithilfe von Fragebögen erhoben, die unter anderem die standardisierten Formate des *System Usability Scale* (SUS) [5] und des *Driver Activity Load Index* (DALI) [33] enthielten. Während es sich bei ersteren um einen allgemeinen Fragebogen zur Ermittlung der Nutzbarkeit (engl. *Usability*) eines Systems handelt, stellt der zweite eine auf den Automobil-Kontext angepasste Version des *NASA Task Load Index* [21] dar und dient zur Messung der subjektiven Anforderung oder auch Belastung, die von einer Fahrzeugsteuerung ausgeht. Beide Fragebögen haben gemeinsam, dass sie sich in ihrer Auswertung auf jeweils einen einzigen Wert abbilden lassen, der ihre jeweilige Eigenschaft auf einer Skala von üblicherweise 0 bis 100 beschreibt.

## 5.2. Studienteilnehmer

Insgesamt nahmen 15 Probanden an der Evaluierung des Prototyps teil, von denen jedoch, um das *Latin Square* aufzugehen zu lassen, nur 12 gewertet wurden, darunter 9 Männer und 3 Frauen. Bei allen Teilnehmern handelte es sich um Studenten oder Mitarbeiter der Universität Stuttgart, die für ihre Teilnahme von ca. 75 Minuten eine Vergütung von 10 € erhielten. Einzige Voraussetzung zur Teilnahme war ein gültiger Führerschein. Die jüngste Teilnehmerin war 20 Jahre alt, der Älteste 45, der mittlere Alterswert beträgt 26,16 Jahre mit einer Standardabweichung von 6,15 Jahren.

10 der 12 gewerteten Probanden gaben an, im Besitz eines Smartphones oder Tablets zu sein, dies in der Regel seit mehreren Jahren, und 5 hatten bereits vor der Studie Erfahrungen mit Touch-Screens in einem Fahrzeug gemacht.

## 5.3. Studiendurchführung

Die Durchführung der Benutzerstudie gliedert sich in drei Teile, die im Folgenden näher erläutert werden sollen.

### 5.3.1. Einführung

Zu Beginn wurden die Probanden kurz in die Thematik der Studie eingeführt, inklusive dem Hinweis, dass zur späteren Auswertung der verschiedenen Bedienvarianten Daten aufgezeichnet werden, beispielsweise in Form der Interaktionszeiten oder der Augenbewegungen. Darüber hinaus wurden die Probanden über den groben Ablauf der Studie informiert. Nach dem Unterschreiben einer Einverständniserklärung und dem Ausfüllen eines Eingangsfragebogens zur Erhebung von hauptsächlich demographischen Daten erhielten die Teilnehmer ihre Studienvergütung in Höhe von 10 €.

Anschließend folgte zunächst die Einrichtung des Systems auf den jeweiligen Probanden. Dazu war es in erster Linie notwendig, Stuhl und Pedale richtig zu positionieren, sowie insbesondere den

<sup>3</sup><http://www.smivision.com/en/gaze-and-eye-tracking-systems/products/red-red250-red-500.html>

## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

Eye-Tracker zu kalibrieren.

Vor der ersten Fahrt am Simulator wurde den Probanden das Prinzip des LCTs anhand eines Bildes erklärt, das im Wesentlichen dem Muster von Abbildung 5.3 entspricht. Dies beinhaltete zunächst den Hinweis darauf, dass eine Strecke grundsätzlich mit einer Kurve beginnt und dass das Gaspedal nach Beendigung dieser Kurve stets durchzutreten sei. Darüber hinaus wurde den Probanden klar gemacht, dass ab einer gelben Start-Markierung in den späteren Durchgängen Nebenaufgaben folgen werden, wie beispielsweise das Setzen der Temperatur auf einen bestimmten Wert.

Außerdem wurden sie mit dem Prinzip des Spurwechselns und -Haltens vertraut gemacht, das über die weißen Schilder erfolgt. Zuletzt folgte der Hinweis, dass eine Fahrt ca. drei Minuten dauert und das Ende durch den Beginn einer neuen Kurve zu erkennen sei.

Anschließend wurde eine erste Probefahrt ohne Nebenaufgaben durchgeführt. Nach Beendigung dieser wurden die Probanden gefragt, ob sie sich bereit für den Hauptteil der Studie fühlten, andernfalls wurde ihnen eine weitere Probefahrt angeboten.

### 5.3.2. Hauptteil

Zu Beginn des Hauptteils folgte eine zusätzliche Einweisung in den Ablauf der kommenden Fahrten mit Nebenaufgaben. Die Studienteilnehmer wurden darauf vorbereitet, dass die Aufgaben durch zuvor aufgenommene Ansagen im Stil einer Navigationsanweisung verkündet werden. In diesem Zusammenhang war es insbesondere wichtig zu erwähnen, dass mit der Interaktion zu einer Aufgabe grundsätzlich erst nach Beendigung der Anweisung begonnen werden darf. Eine weitere Anmerkung galt der Voraussetzung, dass die Fahraufgabe, d.h. das Wechseln und Halten der Spur, stets Vorrang gegenüber den Nebenaufgaben haben sollte. Des Weiteren wurden die Probanden darüber informiert, dass der Hauptteil aus insgesamt sechs Durchgängen besteht, darunter fünf mit Nebenaufgaben zur Bedienung von jeweils einer der fünf Klimasteuerungs-Varianten, sowie einer zusätzlichen Referenzfahrt, die ohne Nebenaufgaben durchgeführt wird. Jeder Durchgang folgte dabei demselben Schema. Nach einer kurzen Erklärung der aktuellen Bedienvariante durch den Versuchsleiter, durften die Probanden die Steuerung zunächst im Stand ausprobieren, und anschließend in einer Trainingsfahrt erproben. Während dieser Fahrt wurden den Probanden zwar Nebenaufgaben erteilt, die aufgezeichneten Daten sollten jedoch nicht zur Auswertung verwendet werden. Erst wenn die Studienteilnehmer bestätigten, bereit zu sein und keine weitere Erprobungsfahrt zur Eingewöhnung zu benötigen, bzw. die aktuelle Trainingsfahrt frühzeitig abbrechen zu wollen, folgte die eigentliche Messfahrt. Im Fall der ersten Bedienvariante wurde den Probanden darüber hinaus zusätzlich der Funktionsumfang der Klimasteuerung erklärt. Lediglich bei der Referenz-Fahrt ohne Nebenaufgaben wurde dieses Schema aufgeweicht, da hier auf eine zusätzliche Trainingsfahrt verzichtet wurde. Anschließend an jede Messfahrt folgte ein Zwischenfragebogen.

Zur eventuellen späteren Kontrolle wurden sämtliche Messfahrten mithilfe einer *GoPro Hero 3*-Kamera aufgezeichnet, diese stellte in der Auswertung jedoch keinen direkten Bestandteil dar.

### 5.3.3. Abschluss

Nach Beendigung der letzten Studienfahrt und dem Ausfüllen des letzten Zwischenfragebogens wurde den Probanden ein zusätzlicher Abschlussfragebogen ausgehändigt, der im Wesentlichen

Freitext-Antworten verlangte, wie zum Beispiel bezüglich der allgemeinen Vor- oder Nachteile der Touch-Screen-Bedienungen.

Vor der Verabschiedung des jeweiligen Studienteilnehmers wurde außerdem ein halbstrukturiertes Gespräch geführt. Dies beinhaltete insbesondere die Frage danach, wie der Teilnehmer sich ein Touch-Screen-Konzept zusammenstellen würde, wenn er aus den vier dargebotenen Varianten verschiedene Elemente kombinieren könnte, und welche Ansichten er allgemein bezüglich der Touch-Screen Verwendung in Fahrzeugen hat.

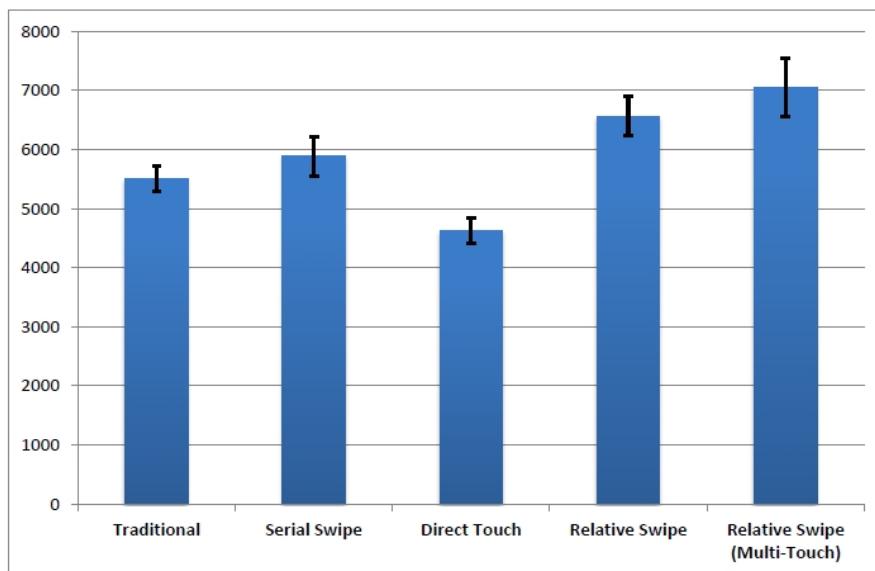
### 5.4. Studienergebnisse

Die Ergebnisse der Studiendurchführung werden im Folgenden aufgeteilt in mehreren Kategorien präsentiert.

Im Fall der Eye-Tracking-Analyse musste die *Relative Swipe*-Variante ohne Multi-Touch-Unterstützung aufgrund eines fehlerhaften Datensatzes entfernt werden. Alle weiteren Ergebnisse basieren auf den Messdaten der 12 ausgewählten Teilnehmer.

#### 5.4.1. Interaktionszeiten

Die Interaktionszeiten bezüglich der Aufgaben wurden definiert über den Zeitpunkt, an dem die Ansage zu einer Nebenaufgabe beendet ist, bis zu dem Zeitpunkt an dem die letzte Interaktion des Probanden mit dem System erfolgte. Dies gilt unabhängig davon, ob die Aufgabe korrekt oder falsch gelöst wurde.



**Abbildung 5.5.:** Übersicht der durchschnittlichen Interaktionszeiten der unterschiedlichen Bedien-varianten (in Millisekunden)

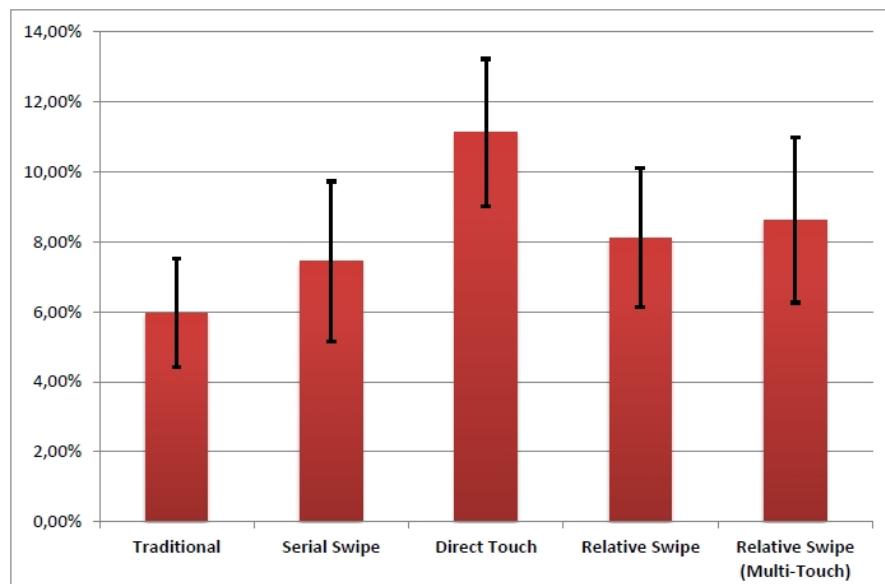
## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

Abbildung 5.5 lässt einen gewissen Trend erkennen und zeigt eine deutliche Verminderung der durchschnittlichen Interaktionszeiten unter Benutzung der *Direct-Touch*-Variante (4631 ms). Um diesen Trend zu überprüfen, wurde eine statistische Analyse durchgeführt. Da bei drei der fünf Konditionen im Fall der Interaktionszeiten keine Normalverteilung gegeben war, musste ein nichtparametrisches Testverfahren in Form eines Friedman-Tests gewählt werden, welcher bestätigt, dass die Interaktionszeit signifikant durch die Wahl der Bedienvariante beeinflusst wird ( $X^2 (4) = 28,00$ ;  $p < 0,05$ ). Anschließend durchgeführte Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests, welche die verschiedenen Varianten paarweise miteinander vergleichen, konnten unter Anwendung einer Bonferroni-Korrektur ( $p < 0,005$ ) zeigen, dass ein signifikanter Unterschied zwischen der *Direct-Touch*-Bedienung und den beiden *Relative Swipe*-Varianten besteht ( $T = 77,00$ ;  $r = -0,86$  und  $T = 78,00$ ;  $r = -0,88$ ). Darüber hinaus konnten keine weiteren Signifikanzen festgestellt werden, dennoch belegt dies eine Verkürzung der Interaktionszeiten unter Benutzung der *Direct-Touch*-Variante.

### 5.4.2. Fehlerrate

Als fehlerhafte Interaktion wurden sowohl Nebenaufgaben gewertet, die nicht korrekt gelöst wurden, beispielsweise dann, wenn der Proband die Temperatur auf Fahrerseite auf einen bestimmten Wert stellen sollte und diesen verfehlte, als auch Interaktionen, bei denen zwar die Nebenaufgabe korrekt gelöst wurde, aber gleichzeitig eine Veränderung eines anderen Wertes mitinbegriffen war. Um bei dem Beispiel der Temperatur zu bleiben, könnte letzteres bedeuten, dass beispielsweise zusätzlich die Gebläsestufe verändert wurde. Korrekturen jedoch, solange diese in zeitlicher Nähe geschahen, wurden generell zugelassen.



**Abbildung 5.6.:** Übersicht der durchschnittlichen Fehlerrate der unterschiedlichen Bedienvarianten

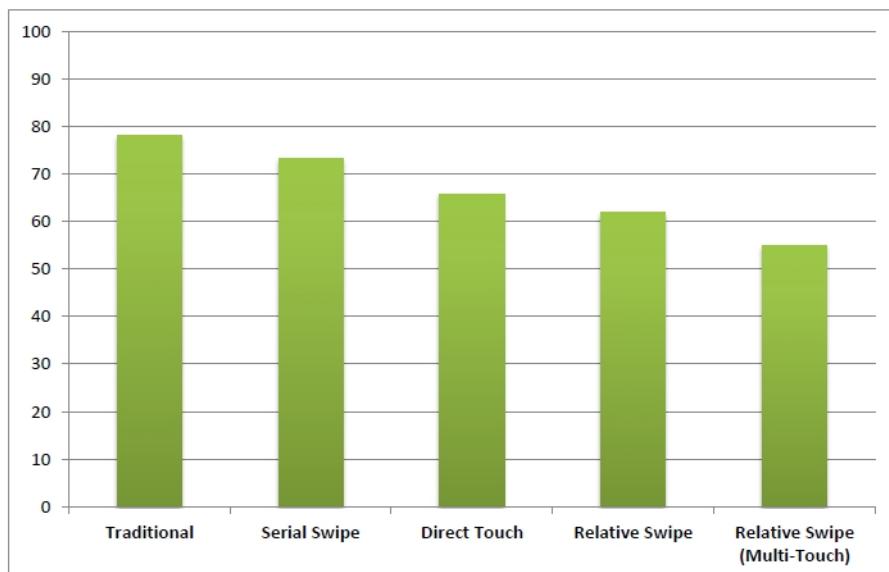
Anders als bei den Interaktionszeiten lässt die *Direct-Touch*-Variante (11,12%) im Fall der Fehlerrate eine deutliche Verschlechterung gegenüber den anderen Varianten erkennen (vgl. Abbildung 5.6).

Gleichzeitig jedoch ist auf die hohen Standardabweichungen hinzuweisen, welche die Wertbarkeit im Allgemeinen relativieren.

Da auch hier wie im Fall der Interaktionszeiten in zwei von fünf Fällen keine Normalverteilung gegeben war, wurde die statistische Analyse mithilfe eines Friedman-Tests durchgeführt. Die Auswertung dieses Tests jedoch ergibt keine signifikanten Unterschiede der Fehlerrate zwischen den verschiedenen Bedienvarianten. Der in Abbildung 5.6 erkennbare Trend kann somit nicht bestätigt werden.

### 5.4.3. Nutzbarkeit

Zur Bewertung der Nutzbarkeit der verschiedenen Bedienvarianten wurde der verwendete *SUS*-Fragebogen [5] ausgewertet. Dieser beinhaltet zehn Fragen und bildet die Ergebnisse auf einen einzigen Index-Wert zwischen 0 und 100 ab.



**Abbildung 5.7.:** Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der Nutzbarkeit der verschiedenen Bedienvarianten unter Auswertung des *SUS*-Fragebogens.

Ab einem Wert von über 70 gilt die Nutzbarkeit eines Systems grundsätzlich als besonders gut [5]. Abbildung 5.7 zeigt, dass diese Schwelle lediglich von der traditionellen Klimabedienleiste (78,16) und der *Serial Swipe*-Variante (73,16) überschritten wird. *Direct-Touch* (65,83) und *Relative Swipe* (61,88) liegen im mittleren Feld. Den niedrigsten Wert (55) weist die *Relative Swipe*-Variante mit Multi-Touch-Unterstützung auf.

Da die Ergebnisse aller Varianten normalverteilt sind, konnte zur statistischen Auswertung eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (engl. *Repeated Measures ANOVA*) angewandt werden, die belegt, dass ein signifikanter Unterschied der Nutzbarkeit zwischen den verschiedenen Bedienvarianten besteht ( $F(4, 44) = 5,102; p < 0,05$ ). Paarweise Vergleiche mit Bonferroni-Anpassung deuten auf

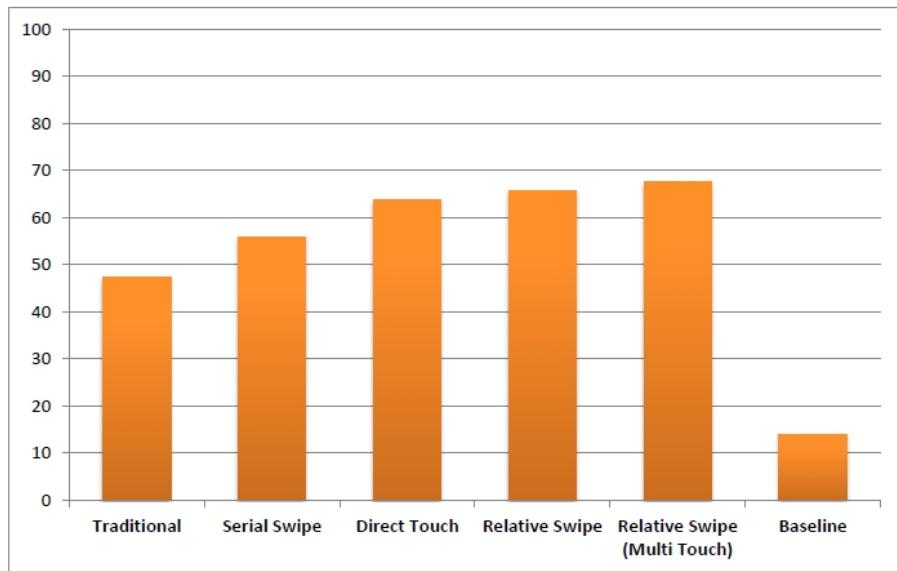
## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

einen signifikanten Unterschied zwischen der traditionellen Klimasteuerung und der *Relative-Swipe*-Variante mit Multi-Touch Unterstützung hin. Zwar konnten keine weiteren Signifikanzen entdeckt werden, dennoch unterstreicht dieses Ergebnis den in Abbildung 5.7 erkennbaren Trend.

### 5.4.4. Subjektive Belastung

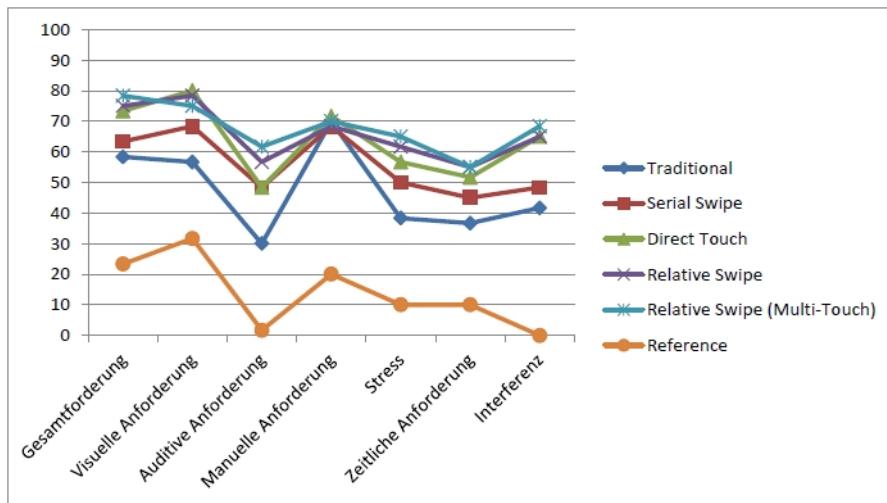
Die subjektive Belastung wurde ähnlich der Nutzbarkeit mithilfe eines Fragebogens ausgewertet, dessen Ergebnisse auf einen einzigen Wert abgebildet werden (vgl. Abbildung 5.8). Verwendet wurde zu diesem Zweck der auf den Automobil-Kontext spezialisierte *DALI*-Fragebogen [33].



**Abbildung 5.8.:** Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der empfundenen Belastung unter Auswertung des DALI-Fragebogens

Sowohl Abbildung 5.8 als auch 5.9 weisen eine generelle Rangordnung der Varianten auf, lediglich mit Blick auf die manuellen Anforderung lässt Abbildung 5.9 erkennen, dass in diesem Punkt prinzipiell alle Bedienvarianten gleichauf sind. Um einen besseren Vergleich zur allgemein empfunden Belastung ziehen zu können, wurde bei der Referenzfahrt ebenfalls ein Fragebogen ausgehändigt, dessen Ergebnisse zeigen, dass selbst ohne Nebenaufgaben insbesondere im Bereich der visuellen und der manuellen Anforderungen vergleichsweise hohe Werte vorliegen.

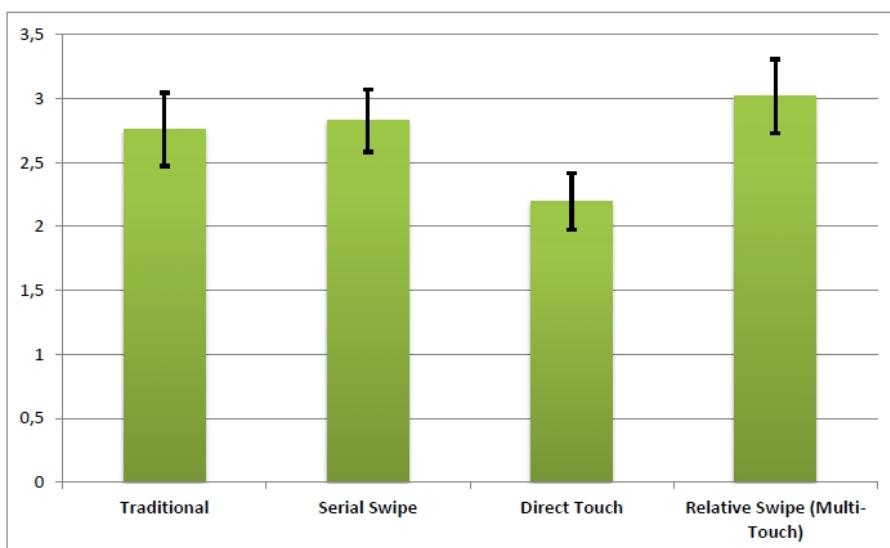
Eine *Repeated Measures ANOVA* mit *post-hoc-Bonferroni-Tests* belegt den Unterschied zwischen allen Bedienvarianten und der Referenzfahrt, konnte jedoch keine weiteren signifikanten Unterschiede nachweisen.



**Abbildung 5.9.:** Durchschnittliche Bewertung zur empfundenen Belastung der einzelnen Dimensionen des DALI-Fragebogens

#### 5.4.5. Blickverhalten

Zur Analyse des Blickverhaltens wurden die aufgezeichneten Eye-Tracking-Daten verwendet. Da im Fall der Relative Swipe-Variante ohne Multi-Touch-Unterstützung ein fehlerhafter Datensatz vorlag, wurde diese Bedienvariante aus der Analyse des Blickverhaltens entfernt.



**Abbildung 5.10.:** Übersicht der durchschnittlichen Anzahl an Blicken auf die Mittelkonsole für die verschiedenen Bedienvarianten (in Millisekunden)

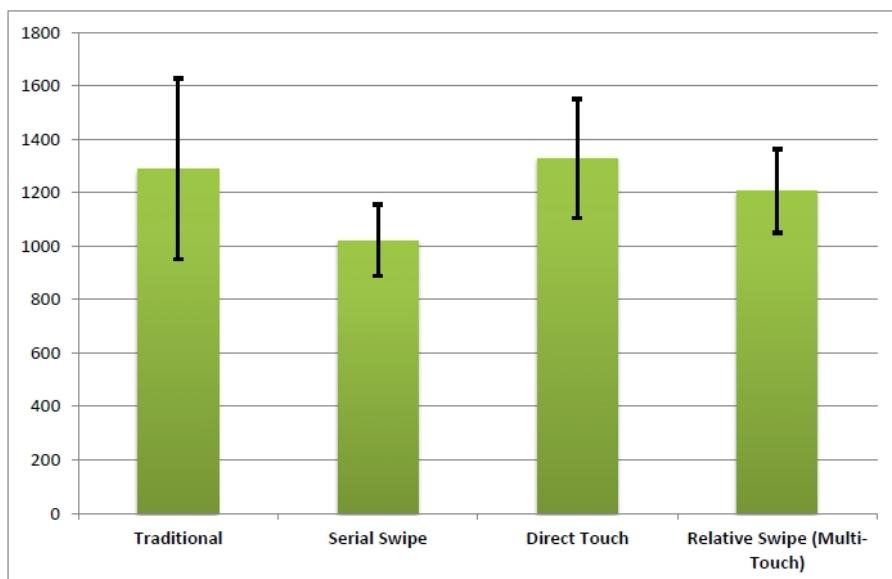
## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

Abbildung 5.10 veranschaulicht die durchschnittliche Anzahl an Blicken auf die Mittelkonsole, die pro Nebenaufgabe erforderlich waren, um diese zu lösen. Als Blick auf die Mittelkonsole wurde vereinfacht jeder Blick angenommen, der nicht auf eine Pixel-Koordinate des Fahrsimulator-Bildschirms abgebildet werden konnte.

Zu erkennen ist in erster Linie eine deutliche Verringerung unter Verwendung der *Direct-Touch*-Steuerung (2,19 Blicke pro Aufgabe). *Serial Swipe* (2,83 Blicke pro Aufgabe), *Relative Swipe* mit Multi-Touch-Unterstützung (3,02 Blicke pro Aufgabe) und die traditionelle Klimabedienleiste (2,76 Blicke pro Aufgabe) liegen ungefähr auf dem gleichen Level.

Dieser Trend ändert sich jedoch unter Hinzunahme der durchschnittlichen Blickdauer. Wie in Abbildung 5.11 erkennbar, nimmt die diese unter Verwendung der *Serial Swipe*-Variante deutlich ab (1021 ms). Auffällig ist ebenfalls die relativ hohe Standardabweichung im Fall der traditionellen Klimabedienleiste (1289 ms), die in etwa auf dem gleichen Level liegt wie die *Direct-Touch*-Steuerung (1328 ms). Die *Relative Swipe*-Variante (1206 ms) liegt im Mittelfeld der anderen Bedienvarianten.

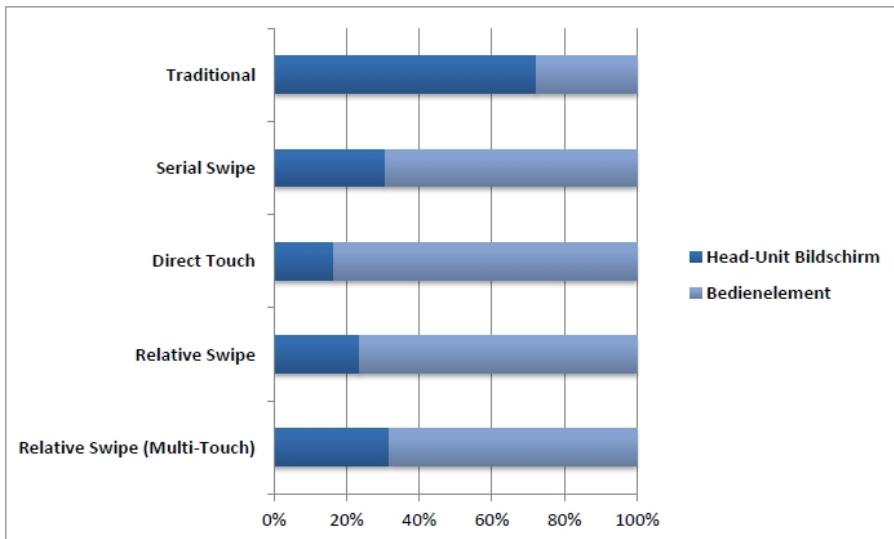


**Abbildung 5.11.:** Übersicht der durchschnittlichen Blickdauer auf die Mittelkonsole für die verschiedenen Bedienvarianten (in Millisekunden)

Zusätzlich zur Aufzeichnung der Augenbewegungen unter Benutzung des Eye-Trackers wurden die Probanden in den Zwischenfragebögen zu den verschiedenen Konditionen gebeten, eine subjektive Einschätzung ihres Blickverhaltens bezüglich der Validierung ihrer Eingaben abzugeben. Konkret äußert sich dies durch Frage, zu welchem Anteil sie auf die Bedieneinheit (Touch-Screen und Klimabedienleiste) bzw. den oberen Bildschirm geschaut haben. An dieser Stelle sei in Erinnerung gerufen, dass im Fall der Touch-Bedienvarianten sowohl der Touch-Screen (in Form des Android-Tablets), als auch der obere Bildschirm die aktuell vorgenommenen Einstellungen wiederspiegeln.

Abbildung 5.12 lässt erkennen, dass im Fall der *Direct-Touch*-Variante im Durchschnitt am meisten auf das Bedienelement, in diesem Fall also den Touch-Screen geschaut wurde. Wenn auch nicht ganz so ausgeprägt, ergibt sich ein ähnlicher Trend für Wischbedienungen in Form der *Serial Swipe*-Variante

und beider *Relative Swipe*-Varianten. Auffällig an dieser Stelle erscheint jedoch auch, dass die Verwendung der Multi-Touch-Unterstützung anscheinend zu einer Verschiebung der Blickrichtung zugunsten des oberen Bildschirms geführt hat. Einen tatsächlich gegenläufigen Trend bietet ausschließlich die traditionelle Klimabedienleiste, bei der die Probanden im Durchschnitt angaben, zu 72% auf den Head-Unit-Bildschirm zur Validierung ihrer Eingaben geschaut zu haben.



**Abbildung 5.12.:** Verhältnis der Blicke auf den oberen Bildschirm und den Touch-Screen zur Validierung der Eingabe

#### 5.4.6. Fahrperformanz

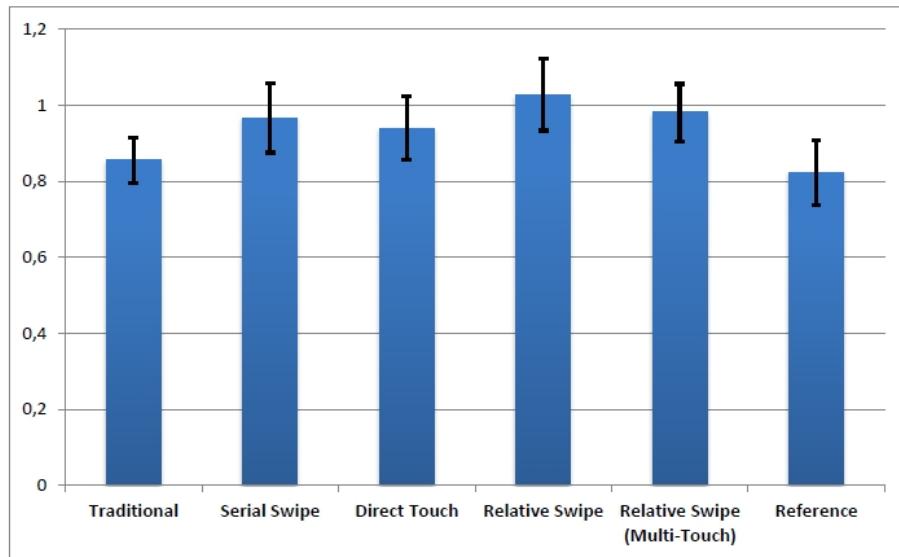
Die Fahrperformanz wurde durch das vorgegebene Verfahren des LCT gemessen [30] und äußert sich in der durchschnittlichen Abweichung der tatsächlich gefahrenen Strecke von einer Ideallinie. Um einen besseren Vergleich zwischen der Beeinflussung durch Nebenaufgaben und den generellen Strecken-Abweichungen der Probanden ziehen zu können, wurde auch hier wie im Fall des DALI-Fragebogens die Referenzfahrt zur Auswertung hinzugezogen.

Abbildung 5.13 zeigt die durchschnittlichen Abweichungen für die verschiedenen Konditionen, die alle im Bereich von 0,82 Metern, wie im Fall der Referenzfahrt, bis 1,03 Metern unter Verwendung der *Relative Swipe*-Variante ohne Multi-Touch-Unterstützung liegen. Ein deutlicher Trend ist dabei nicht erkennbar.

Da die Werte der verschiedenen Konditionen eine Normalverteilung aufweisen, wurde zur weiteren Analyse eine *Repeated Measures ANOVA* durchgeführt, mit dem Ergebnis, dass ein signifikanter Unterschied der Fahrperformanz zwischen den verschiedenen Konditionen besteht ( $F(5, 55) = 4,036$ ;  $p < 0,05$ ). *Post-hoc-Bonferroni-Tests* konnten zeigen, dass die Verwendung beider *Relative Swipe*-Varianten gegenüber der Referenzfahrt zu einer signifikanten Verschlechterung der Fahrperformanz führt. Zwischen den verschiedenen Bedienvarianten konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---



**Abbildung 5.13.:** Übersicht der durchschnittlichen Abweichung der Fahrleistung von einer Ideallinie unter Verwendung der verschiedenen Bedienvarianten (in Metern)

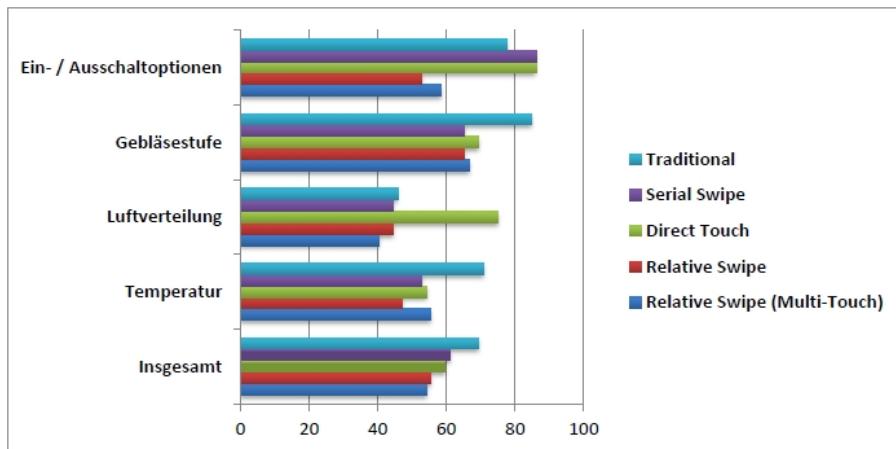
### 5.4.7. Präferenzen

Da sämtliche Bedienvarianten (mit Ausnahme der *Serial Swipe*-Kondition) für alle Funktionen einem strengen Bedienmuster folgen, das lediglich auf eine Eingabemodalität zurückgreift, sollte zuletzt ein Überblick auf die Vorteile der verschiedenen Varianten geschaffen werden. Zu diesem Zweck wurden die Probanden in den Zwischenfragebögen der Konditionen befragt, wie passend sie die zuletzt benutzten Bedienelemente zur Einstellung der entsprechenden Funktionen fanden. Konkret aufgeteilt wurde dies auf die folgenden fünf Punkte:

1. "Mir hat das soeben genutzte Bedienkonzept insgesamt gefallen."
2. "Das Bedienkonzept zur Temperatureinstellung empfand ich als passend."
3. "Das Bedienkonzept zur Einstellung der Luftverteilung empfand ich als passend."
4. "Das Bedienkonzept zur Einstellung der Gebläsestufe empfand ich als passend."
5. "Das Bedienkonzept zum Ein- und Ausschalten von Funktionen (Umluft, Heckscheibenbeheizung...) empfand ich als passend."

Abbildung 5.14 veranschaulicht die Ergebnisse für die verschiedenen Kategorien. Allem voran zu erkennen ist eine Führung der klassischen Klimabedienleiste in drei der fünf Kategorien, darunter sowohl für die Einstellung der Gebläsestufe und der Temperatur, als auch in Form des Gesamtkonzepts, bei letzterem jedoch durch eine eher unwesentliche Abhebung. Im Bereich der Luftverteilung ist eine deutliche Bevorzugung der *Direct-Touch*-Steuerung gegenüber allen weiteren Varianten zu sehen. Ähnlich verhält es sich bei den Ein- und Ausschaltoptionen. Dass die *Serial Swipe*-Variante hier gleichauf mit der *Direct-Touch*-Bedienung liegt, kann insofern nicht weiter verwundern, dass sie das

*Direct-Touch*-Bedienkonzept für die Ein- und Ausschaltoptionen übernimmt. Darüber hinaus liegt auch in dieser Kategorie die klassische Klimabedienleiste auf einem ähnlich hohen Niveau.



**Abbildung 5.14.:** Übersicht der durchschnittlichen Bewertung der Bedienelemente in den verschiedenen Varianten

Grundsätzlich liegen die beiden *Relative Swipe*-Varianten stets auf einem ähnlichen Level, mit einer leichten Bevorzugung der Multi-Touch-Unterstützung in drei von fünf Fällen, darunter die Temperatur-Einstellung, die Gebläsestufe und die Ein- und Ausschaltoptionen.

## 5.5. Diskussion

Die Entwicklung und Evaluierung des Prototyps unterlagen einer Reihe an Begrenzungen, in deren Zusammenhang die Studienergebnisse im Folgenden eingeordnet und weiter interpretiert werden sollen.

Grundsätzlich bleibt es fraglich, inwiefern die Verwendung oder Ausweitung eines Touch-Screen-Bedienkonzepts auf einen Bereich wie die Klimasteuerung im Fahrzeug sinnvoll erscheint. Insbesondere mit Blick auf die subjektiven Angaben der Studienteilnehmer, die sich in Form der Nutzbarkeit, der empfundenen Belastungen und der Präferenzen bezüglich der Zuordnung von Bedienelement und Funktion ablesen lassen, ist eine Bevorzugung der traditionellen Bedienung zu erkennen. Gleichzeitig jedoch gaben in einem Abschlussfragebogen 7 der 12 Teilnehmer an, dass sie es grundsätzlich für wünschenswert halten, die Klimasteuerung in Zukunft über einen Touch-Screen vorzunehmen. Eine mögliche Erklärung zu diesen scheinbar widersprüchlichen Ergebnissen könnte das aus studientechnischen Gründen gezwungenermaßen strikte Design der hier verwendeten Touch-Bedienvarianten darstellen. Während die klassische Klimabedienleiste über ein abgeschlossenes Konzept verfügte, wurde bei den Touch-Screen-Konditionen zur besseren Vergleichbarkeit in der Regel darauf geachtet, sämtliche Funktionen über eine einzige Eingabemodalität zu steuern. Eine Ausnahme bildete hier lediglich die *Serial-Swipe*-Variante, bei der für die Ein- und Ausschaltoptionen die Bedienung der *Direct-Touch*-Steuerung übernommen wurde und diese somit streng genommen ein hybrides Konzept darstellt. Dies äußert sich möglicherweise auch in dem erhöhten Wert des Nutzbarkeit (73,16), der

## 5. Evaluierung des Interaktionskonzepts

---

annähernd an den der traditionellen Klimabedienleiste heranreicht (78,16).

Weitere Probleme beim Vergleich der Touch-Screen-Varianten zu den konventionellen Schaltern entstehen darüber hinaus in besonderem Maße durch die Ungewöhnlichkeit des Touch-Konzepts im Kontext der Klimasteuerung. Andere Studien, in denen ein Vergleich zwischen haptischen Bedienelementen und einer Touch-Bedienung gezogen wurde, konnten diesen Effekt häufig durch die Wahl des Anwendungsgebietes kompensieren, indem beispielsweise die Steuerung eines Audio-Players gewählt wurde [2, 42]. Dies bietet den grundlegenden Vorteil, dass die Probanden eine derartige Steuerung möglicherweise bereits mit einer Touch-Bedienung verbinden, beispielsweise durch die Nutzung eines Smartphones oder eines entsprechenden MP3-Players.

Ungeachtet dessen deuten die Studienergebnisse auf einige Vorteile unter Verwendung der entsprechenden Touch-Varianten gegenüber der traditionellen Klimabedienleiste hin, die sich mit den Feststellungen weiterer Studien decken. So führte die Verwendung einer *Direct-Touch*-Bedienung ähnlich den Ergebnissen von *Rümelin et al.* [42] oder auch *Bach et al.* [2] bei einer Betrachtung der Durchschnittswerte zu einer Verkürzung der Interaktionszeiten. Unter Verwendung von Wischgesten in Form der *Serial-Swipe*-Variante konnte darüber hinaus die Verbesserung des Blickverhaltens zumindest unter Bezug auf die durchschnittliche Blickdauer gezeigt werden, eine Erkenntnis, die sich ebenfalls mit weiteren Studien deckt [8, 2, 42].

Problematisch und vermutlich mitursächlich für die generell hohen Angaben im Fall der subjektiven Belastung dürften unter anderem die gewählten Einstellungen des Fahrsimulators sein. So gaben einige Studienteilnehmer die unrealistischen Bedingungen zu bedenken, die sich einerseits auf die Steuerung des Fahrzeugs durch ein vermutlich zu schwer eingestelltes Lenkrad, als auch auf die Wahl der Aufgaben beziehen. Während ersteres ursprünglich so gewählt wurde, um die Fahraufgabe nicht zu leicht werden zu lassen, stellt die Aufgabenwahl ein generelles Studienproblem dar. Anmerkungen der Teilnehmer hierzu waren in erster Linie, dass man die Temperatur beispielsweise nicht unbedingt auf einen festen Wert setzen oder um einen festen Wert erhöhen möchte, sondern dass man es lediglich „etwas wärmer“ wünscht. Mit Blick auf die Evaluierung erscheint eine derartige Anpassung jedoch ungeeignet.

### 5.5.1. Touch-Screen-Bedienungen im Vergleich

Beim Vergleich der verschiedenen Touch-Varianten ist unter Betrachtung der Durchschnittswerte festzustellen, dass die *Relative Swipe*-Bedienung im Fall der Interaktionszeiten, der Nutzbarkeit und der subjektiven Belastung durchgängig schlechter abschneidet als die *Direct-Touch*- oder *Serial Swipe*-Variante. Dies gilt unabhängig davon, ob eine Multi-Touch-Unterstützung gegeben ist oder nicht. Es bleibt fraglich, ob dies eine direkte Folge der Eingabemodalität oder möglicherweise das Resultat einer ungünstigen Visualisierungsform ist. Durch die Wahl der Klimasteuerung wurde ein Anwendungsgebiet gewählt, mit dem sich das hier verwendete *Relative Swipe*-Konzept nur bedingt umsetzen ließ, was sich in besonderem Maße in einer Überzahl an *Popup-Slidern*, sowie einer möglicherweise ungeeigneten Nutzung des *Pie-Menus* äußert. Mit Blick auf die Auswertung der Präferenzen der Studienteilnehmer eignet sich letzteres beispielsweise anscheinend nicht zum Ein- und Ausschalten von Funktionen. Dies deckt sich im Wesentlichen mit den Ergebnissen von *Burnett et al.* [7], die in einer Benutzerstudie zeigen konnten, dass bei der intuitiven Zuordnung von Wischgesten auf derartige Funktionen, eine vergleichsweise geringe Übereinstimmung herrscht, ein

Umstand, den somit anscheinend auch die Visualisierung durch ein Menü nicht ändern kann. Ein weiterer, vermutlich entscheidenderer Punkt liegt in einem möglichen Fehldesign der *Popup-Slider*. Prinzipiell wäre die *Relative Swipe*-Bedienung auch unter Verwendung einer anderen Visualisierung denkbar gewesen, beispielsweise einem „Drehrad“ im Hintergrund, wie es man es von Smartphones oder Tablets zur Einstellung einer Uhrzeit oder eines Datums kennt. Das Prinzip der theoretisch blinden Bedienbarkeit würde dabei erhalten bleiben, gleichzeitig zeigt der Vergleich zur *Direct-Touch*-Variante, dass eine derartig permanente Visualisierung keineswegs zu einer Verschlechterung des Blickverhaltens führen muss.

### 5.5.2. Gesamt-Design

Mit Blick auf das Gesamt-Design ist zunächst die Verwendung einer Zwei-Bildschirm-Lösung in Frage zu stellen. Die subjektiven Angaben bezüglich des Blickverhaltens zeigen deutlich, dass die Probanden zur Validierung ihrer Eingaben in erster Linie auf den Touch-Screen geschaut haben, sofern dieser zu bedienen war. Dies gilt unabhängig von der verwendeten Bedienvariante. Einige Probanden gaben außerdem an, dass ihnen der Touch-Screen zu tief positioniert war. Tatsächlich wurde die vergleichsweise tiefe Positionierung, neben der Beeinflussung durch einige Studienlimitierungen, bewusst gewählt. Dies sollte zunächst eine Schulterablösung des Fahrers vermeiden und darüber hinaus die Möglichkeit der Abstützung des Armes auf den unteren Bereich der Mittelkonsole ermöglichen. Gleichzeitig war es ein prinzipielles Anliegen, die Studienteilnehmer zur blinden Bedienung zu motivieren, was jedoch vermutlich aufgrund der allzu kurzen Eingewöhnungsphase nicht möglich war.

Zu bemerken ist in diesem Zusammenhang jedoch auch, dass die Verwendung der positionsunabhängigen Wischeingaben der *Serial Swipe*- und *Relative Swipe*-Bedienung sowohl die durchschnittliche Blickdauer, als auch den Anteil der Blicke auf den Touch-Screen reduzieren.

Bei einer Kombination der verschiedenen Touch-Eingaben lässt dies möglicherweise den Schluss zu, dass sich für die an einer Ordinalskala ausgerichteten Einstellungen wie der Temperatur auf Fahrer- und Beifahrerseite oder der Gebläsestufe die Wischmethodik anbietet. Einige Probanden gaben in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass die Wischrichtung möglicherweise invertiert werden sollte, um eine Analogie zur Smartphone-Bedienung zu schaffen. Eine Wischbewegung nach unten sollte demnach den aktuellen Wert erhöhen, während eine Wischbewegung nach oben den Wert verringern sollte. An dieser Stelle wird die Bedeutung einer angepassten Visualisierung besonders deutlich.

Des Weiteren herrschte hoher Konsens bezüglich einer Anpassung zur Einstellung der Gebläsestufe. So würden die meisten Studienteilnehmer statt einer Listenauswahl ein additives Design bevorzugen, demnach also für die verschiedenen Zonen „Beine“, „Körper“ und „Windschutzscheibe“ einzeln einstellen können, ob diese aktiviert sein sollen oder nicht. Ein derartiges Design wurde im Zusammenhang dieser Studie für verschiedene Touch-Varianten zwar in Betracht gezogen, jedoch aufgrund einer besseren Vergleichbarkeit der reinen Eingabemodalitäten wieder verworfen.

Einzig im Bereich der Ein- und Ausschaltoptionen erscheint die Wahl einer *Direct-Touch*-Steuerung bei Verwendung eines Touch-Screens eindeutig, was sich insbesondere in dem hohen Konsens der Studienteilnehmer bezüglich der Eignung dieser Variante äußert.

### 5.5.3. Schlussfolgerung

Es bleibt festzuhalten, dass die Ergebnisse der Studie Raum für weitere Fragestellungen und Forschung bezüglich des Designs einer automobilen Touch-Screen-Bedienung schaffen. Dies gilt sowohl für eine Ausweitung des Anwendungsgebietes über reine Info- und Entertainment-Funktionen hinaus, wie hier am Beispiel einer Klimasteuerung demonstriert, als auch für die verwendeten Ein- und Ausgabemodalitäten zur Umsetzung der Steuerung. Bezuglich letzterer kann keine eindeutige Aussage getroffen werden, welche Variante oder Kombination sich am besten eignet, festzustellen ist jedoch, dass die *Serial Swipe*-Variante, welche prinzipiell bereits eine Kombination aus Wischgesten und *Direct-Touch*-Steuerung darstellte, im Durchschnitt eine erhöhte Nutzbarkeit, sowie eine Verringerung der empfundenen Belastung und eine signifikante Verkürzung der durchschnittlichen Blickdauer aufweisen kann. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll die Ein- und Ausschaltoptionen über eine *Direct-Touch*-Bedienung anzusteuern. Unter Bezug auf den konkreten Kontext einer Klimasteuerung bleibt es unsicher, ob die an einer Ordinalskala ausgerichteten Funktionen, wie die Temperatureinstellung oder die Gebläsestufe von einer Bedienung in Form der *Relative-Swipe*-Variante profitieren können, sofern diese auf eine alternative Visualisierung zurückgreift. Dieser Punkt bedarf somit weiterer Nachforschungen. Festzuhalten ist jedoch, dass die Unterstützung einer Multi-Touch-Erkennung keinen ersichtlichen Vorteil mit sich bringt, sondern stattdessen sogar zu einer Verminderung der Nutzbarkeit führt. Eine mögliche Erklärung hierzu ist vermutlich die überaus ungewohnte Form der Interaktion, da selbst im Bereich der Smartphone- und Tablet-Bedienung äußerst selten auf eine Multi-Touch-Erkennung zurückgegriffen wird. Eine Ausnahme bilden hier in der Regel lediglich die typischen Zoom-Funktionen über zwei Finger.

Generelle Vorteile, die die Probanden in der Verwendung der Touch-Screen-Konzepte sahen, waren allem voran das innovative und aufgeräumte Design, sowie die schnelle Bedienbarkeit. Um einen besseren Vergleich der Touch-Screen-Bedienung mit der traditionellen Steuerung ziehen zu können, wäre es notwendig, aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie, verschiedene Kombinationen aus den Eingabemodalitäten zu erstellen. Des Weiteren wäre die Hinzunahme alternativer Feedback-Möglichkeiten in Form von erweiterten Audio-Signalen, oder haptischen Orientierungshilfen denkbar, auf die in dieser Studie zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit der reinen Eingabemodalität verzichtet wurde.

## 6. Zusammenfassung

Ausgehend von den Trends und Veränderungen im Bereich automobiler Benutzerschnittstellen während der letzten Jahre wurde in dieser Arbeit ein Touch-Screen-Bedienkonzept für Fahrzeugmittelkonsolen vorgestellt, das zur Erforschung einer auf den Automobil-Bereich angepassten Touch-Screen-Bedienung dienen sollte.

Vor dem Hintergrund eines stetig wachsenden Funktionsumfangs der automobilen Infotainment-Einrichtungen bieten Touch-Screens eine erhöhte Flexibilität sowie das Potential einer verbesserten Bedienbarkeit. Gleichzeitig jedoch bringen sie aufgrund ihrer glatten Oberfläche die Problematik einer fehlenden Haptik mit sich, was zu einer möglichen Erhöhung des Blickkontakte und damit zu einer potentiellen Ablenkungsgefahr im Straßenverkehr führt. Die Bedienung in heutigen Fahrzeugmodellen, die auf Touch-Screens zurückgreifen, ist aufgrund dieser Problematik meist unzureichend auf den Automobil-Kontext angepasst, was sich unter anderem in einer überhöhten Anzahl an virtuellen Buttons äußert. Mit dem Tesla Model S ist erstmals ein Serienfahrzeug erschienen, dessen 17“ Touch-Screen sämtliche in der Mittelkonsole untergebrachten Funktionen abdeckt, darunter neben diversen Infotainment-Einrichtungen auch die Navigation und die Klimasteuerung. Im Rahmen dieser Arbeit sollte unter anderem weiter erforscht werden, ob und wie eine derartige Funktionserweiterung sinnvoll erscheint.

Nach Betrachtung der Grundlagen zur Entwicklung einer Benutzerschnittstelle im Fahrzeug wurden diverse Möglichkeiten zur Optimierung eines Touch-Bedienkonzepts für den Automobil-Kontext erläutert, darunter die Vergrößerung der Bedienelemente, die Verwendung von positionsunabhängigen Gesten und die Implementierung alternativer Feedback-Methoden. Im Mittelpunkt sollte dabei stets eine möglichst geringfügig ablenkende Bedienbarkeit stehen.

Aufbauend auf dieser Basis wurde ein Konzept vorgestellt, das auf die verschiedenen Eingabevarianten und Visualisierungsmöglichkeiten, die durch einen Touch-Screen gegeben sind, zurückgreift, um diese anschließend auf ihre jeweiligen Vorteile miteinander vergleichen zu können. Im Bereich der Eingaben wurde dabei unterschieden zwischen einer *Direct-Touch*-Steuerung, die ausschließlich über direktes Tippen erfolgt, sowie drei Formen von positionsunabhängigen Wischgesten. Bei letzteren handelt es sich einerseits um eine *Relative Swipe*-Variante, die vorsah den Bildschirm in mehrere Bedienflächen aufzuteilen, innerhalb derer, Wischbewegungen in verschiedene Richtungen unterschiedliche Funktionen ansteuern sollten. Um dieses Prinzip zu erweitern, wurde eine zweite *Relative Swipe*-Variante mit Unterstützung einer Multi-Touch-Erkennung umgesetzt, die es dem Anwender zusätzlich erlaubt, mithilfe von Ein- und Zwei-Finger-Wischgesten pro Bedienfläche eine jeweils andere Funktionen anzusteuern. Dies sollte neben allgemeinen Erkenntnissen bezüglich der Verwendbarkeit von Multi-Touch-Gesten im Automobil-Kontext, allem voran zu einer möglicherweise optimierten Aufteilung des Bildschirmraumes führen, letztlich also zu größeren Bedienflächen, die potentiell eine Verbesserung der Bedienbarkeit schaffen können. Als letzte Eingabemodalität wurde eine *Serial Swipe*-Bedienung gewählt, bei der die Steuerung anders als bei der *Relative Swipe*-Variante

## 6. Zusammenfassung

---

über mehrfaches Wischen auf unterschiedlichen Bedienflächen erfolgen sollte, um so beispielsweise einen bestimmten Wert auswählen zu können.

Darüber hinaus unterscheiden sich die verschiedenen Bedienvarianten in der verwendeten Art der Visualisierung. Während die *Direct-Touch*- und *Serial Swipe*-Variante auf eine vergleichsweise statische Oberfläche zurückgreifen, wurden für die *Relative Swipe*-Bedienung zwei unterschiedliche Formen von Popup-Menüs verwendet.

Um mit Blick auf die durch den Tesla Model S gegebenen Initiativen eine Evaluierung außerhalb einer reinen Infotainmentanwendung zu erlauben, wurde die Implementierung dieser vier Varianten anhand einer Klimasteuerung durchgeführt. Die Basis des implementierten Prototyps bildeten dabei eine Fahrzeugmittelkonsole mit einer konventionellen Klimabedienleiste, sowie ein Android-Tablet zur Umsetzung des Touch-Screens. Zusätzlich zur Positionierung des Tablets im unteren Bereich der Mittelkonsole, wurde am oberen Rand ein Head-Unit-Bildschirm angebracht, der die aktuellen Einstellungen der Klimasteuerung anzeigt.

In der Evaluierung dieses Konzepts wurden die vier Touch-Screen-Bedienvarianten in einer anschließenden Benutzerstudie unter Hinzunahme der Steuerung über die traditionelle Klimabedienleiste miteinander verglichen. Zu diesem Zweck wurde der entwickelte Prototyp unter einigen Anpassungen an einen Fahrsimulator angeschlossen.

Bei der Methodik der Benutzerstudie wurde auf den standardisierten *Lane Change Task* (LCT) zurückgegriffen, der es vorsieht, den Studienteilnehmern während der Fahrt am Simulator, Nebenaufgaben bezüglich der Interaktion mit einer Benutzerschnittstelle, in diesem Fall also zu den verschiedenen Bedienvarianten zur Klimasteuerung zu geben. Der Hauptteil der Studie beinhaltete dabei für jeden Probanden fünf Durchgänge, in denen er jeweils eine der Varianten zu bedienen hatte. Zusätzlich kam für jeden Teilnehmer eine Referenzfahrt hinzu, die ohne Nebenaufgaben durchgeführt wurde. Die Reihenfolge dieser insgesamt sechs Konditionen wurde dabei zwischen den Probanden variiert, um mögliche Lerneffekte auszugleichen.

Zu den aufgezeichneten Daten zählen neben subjektiven Angaben wie der Nutzbarkeit der verschiedenen Bedienkonzepte, der empfundenen Belastung und der Präferenzen bestimmter Bedienelemente, die durch Fragebögen aufgenommen wurden, insbesondere die Messung der Interaktionszeiten und der Fehlerrate, sowie die Aufzeichnung der Augenbewegungen durch einen Eye-Tracker.

Zwar konnte die Auswertung dieser Studiendaten keine eindeutige Antwort bezüglich der Frage liefern, welche Variante oder Kombination sich am besten eignet, dennoch liefert sie deutliche Hinweise auf das Potential einer Kombination von Wischgesten mit einer *Direct-Touch*-Steuerung. Des Weiteren ist festzuhalten, dass es fraglich bleibt, inwiefern die Ausweitung einer Touch-Screen-Bedienung auf Bereiche außerhalb des Info- und Entertainment-Systems wie der Klimasteuerung sinnvoll erscheint. Mehr als die Hälfte der Studienteilnehmer gaben an, eine derartige Ausweitung durchaus für wünschenswert zu halten, gleichzeitig ist jedoch anzumerken, dass die Bedienung über die traditionelle Klimabedienleiste im Bereich der Nutzbarkeit und der empfundenen Belastung durchweg bessere Ergebnisse erzielte, als die Touch-Screen-Varianten.

Mit Blick auf zukünftige Studien erscheint es daher zur besseren Vergleichbarkeit sinnvoll, aufbauend auf den präsentierten Ergebnissen unterschiedliche Kombinationen der verwendeten Bedienvarianten zu erstellen und unter Hinzunahme zusätzlicher Feedback-Modalitäten wie erweiterten Audio-Signalen oder haptischen Orientierungshilfen ein umfangreicheres Konzept zu erhalten.

## **A. Anhang**

## A.1. Studienleitfaden

Seite 1 von 12

# Studiendurchführung – Leitfaden

---

## Phase 0 – Vorbereitung

- iViewX starten
- Einstellungen im iViewX überprüfen (Profil, Standalone → Abstände, ..., 120 Hz)
- Ordner anlegen
- Reihenfolge festlegen
- Dokumente vorbereiten
- GoPro einschalten (Knopf auf Vorderseite kurz drücken), WLAN einschalten (Knopf auf der Seite kurz drücken, blaue LED fängt an zu blinken) Einstellungen, Speicherplatz und Blickwinkel überprüfen (WiFi: goprohciBP, Passwort Simulator)
- Headunit neu starten
- Licht einschalten
- Sonnenrollo herunterfahren
- Fenster fast ganz schließen
- Uhrzeiten vergleichen
- Lautstärke prüfen
- Broadcast starten
- Handy + Telefone ausschalten / stummschalten
- Schild aufstellen, Türe schließen

## Phase 1 – Einführung

- Allgemeine Einleitung:

- „Die Studie wird im Rahmen meiner Bachelorarbeit durchgeführt.“
- „Thema ist die Nutzbarkeit von Touch-Screens in Fahrzeugen.“
- „Ziel der Studie ist der Vergleich unterschiedlicher Touch-Bedienkonzepte mit der traditionellen Steuerung über Knöpfe und Schalter.“

- Studienablauf:

- „Wir beginnen damit, den Fahrsimulator passend einzustellen.“
- „Darauf folgt eine Eingewöhnungsphase an den Fahrsimulator mit einer Testfahrt.“
- „Der Hauptteil der Studie besteht aus 5 Durchgängen, in denen einerseits der Fahrsimulator und gleichzeitig eine Variante der Klimasteuerung bedient wird.“
- „Während der Fahrt am Simulator werden unterschiedliche Aufgaben angesagt, wie z.B. 'Temperatur links auf 18°C setzen'“
- „Im Hintergrund werden Daten zur Auswertung aufgezeichnet. Darunter fällt die Videoaufnahme, es werden Interaktionszeiten gemessen und die Augenbewegungen werden aufgezeichnet.“
- „Nach jedem Durchgang folgt ein kurzer Fragebogen.“

- Sonstiges:

- „Die Daten werden vertraulich behandelt und ausschließlich zur Auswertung der Studie genutzt“
- „Die Studie kann jederzeit unterbrochen oder abgebrochen werden.“

- **Noch Fragen?**

## Phase 2 – Einverständniserklärung & Eingangsfragebogen

- ➔ *Einverständniserklärung aushändigen*
- ➔ *Geld aushändigen und Empfang quittieren lassen*
- ➔ *Eingangsfragebogen ausfüllen lassen*
- ➔ *Handy stummschalten lassen*

## Phase 3 – Einstellung des Fahrsimulators

- Sitzeinstellung:
  - „Als erstes stellen wir die Sitzposition ein. Dazu bitte mit dem Stuhl soweit wie möglich nach rechts rücken ohne die Mittelkonsole zu verschieben.“
  - *Sitz richtig einstellen, Pedale positionieren*
  - „Die Position sollte während der Fahrten möglichst gehalten werden, damit man vom Eye-Tracker erkannt wird. Daher bitte nicht zu weit zurücklehnen und einigermaßen aufrecht sitzen.“
- Eye-Tracker-Einstellung:
  - „Als nächstes folgt die Einstellung des Eye-Trackers.“
  - *Überprüfen, dass keine Pfeile sichtbar sind*
  - *Kalibrierung starten*
  - „Der Punkt in der Mitte des Bildschirms wird sich gleich mehrmals über den bewegen. Der Blick muss auf den Punkt gerichtet bleiben.“
  - *Validierung starten und überprüfen ( $x<1, y<1$ ), sonst neue Kalibrierung*
- Überleitung: „Als nächstes folgt die Einführungsphase in den Fahrsimulator.“

## Phase 4 - Einweisung LCT & Übungsfahrt

- *LCT Bild öffnen*
- Bilderklärung:
  - „Die Fahrt beginnt mit einer Kurve. Danach folgt eine gerade Strecke auf der zunächst die mittlere Fahrspur gehalten werden muss.“
  - „Während der Fahrt am Straßenrand Schilder, die anzeigen auf welche Spur gewechselt werden muss.“
  - „Der Spurwechsel sollte möglichst zügig erfolgen, sodass man im besten Fall vor Erreichen des Schildes durchgeführt sein.“
  - „Nach Ende der Startkurve muss das Gaspedal immer durchgedrückt bleiben, um die Höchstgeschwindigkeit von 60km/h zu halten.“
  - „Eine Fahrt dauert ca. 3 Minuten und endet wieder mit einer Kurve.“
- **Noch Fragen?**
- Probefahrt:
  - *Bild schließen, LCT starten, Strecke wählen \_\_\_\_\_*
  - „Nochmals: Beachte und reagiere dabei auf die Schilder am Straßenrand!“
  - *Übungsfahrt starten*
- **LCT durchlaufen: LCT beenden**
- **Proband bereit? Ansonsten wiederholte Testfahrt durchführen.**
- Überleitung: „Als nächstes kommen wir zum Hauptteil der Studie.“

## Phase 5 – Einführung Hauptteil

- Überleitung:
  - „Abgesehen von einem Durchgang wird neben der Fahrt am Simulator jeweils eine von 5 Varianten zur Steuerung der Klimaeinstellung bedient.“
- Ablauf:
  - „Ab dem gelben Startschild werden während der Fahrt Aufgaben vorgeben vom System vorgegeben wie z.B. 'Temperatur links auf 18°C stellen'“
  - „Pro Variante werde ich kurz das Bedienkonzept erklären. Dann darf es im Stand und während einer Trainingsfahrt ausprobiert werden.“
  - „Die Trainingsfahrt muss nicht zu Ende gefahren werden und kann vorher abgebrochen werden, wenn man sich bereit fühlt.“
  - Anschließend folgt die eigentliche Messfahrt.“
  - „Wichtig: Die Fahraufgabe sollte immer Vorrang gegenüber den Nebenaufgaben haben.“
  - „Aufgaben dürfen erst nach Beendigung der Ansage gestartet werden.“
- **Noch Fragen?**

### Phase 6.1 – Trainingsfahrt mit Interface 1: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

### Phase 7.1 – Messfahrt mit Interface 1: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1$ ,  $y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen: \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

## Phase 6.2 – Trainingsfahrt mit Interface 2: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

## Phase 7.2 – Messfahrt mit Interface 2: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1, y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

### Phase 6.3 – Trainingsfahrt mit Interface 3: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

### Phase 7.3 – Messfahrt mit Interface 3: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1$ ,  $y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

#### Phase 6.4 – Trainingsfahrt mit Interface 4: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

#### Phase 7.4 – Messfahrt mit Interface 4: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1, y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

### Phase 6.5 – Trainingsfahrt mit Interface 5: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

### Phase 7.5 – Messfahrt mit Interface 5: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1$ ,  $y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

## Phase 6.6 – Trainingsfahrt mit Interface 6: \_\_\_\_\_

- *Variante vorstellen: Funktionsumfang und Bedienung*
- *LCT öffnen und Strecke auswählen*
- **Fahrt durchführen**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden**

## Phase 7.6 – Messfahrt mit Interface 6: \_\_\_\_\_

- *Headunit neu starten*
- *Interface kurz wechseln (für Logging)*
- *Eye-Tracker validieren ( $x < 1$ ,  $y < 1$ ), evtl. Neu kalibrieren*
- *LCT öffnen, Strecke auswählen \_\_\_\_\_*
- *EyeTracking starten (Dateiname pXX\_[interface]) (auch in iViewX)*
- *GoPro-Aufnahme starten*
- „Nochmals: Beachte und reagiere auf die Schilder am Straßenrand.“
- **Fahrt durchführen (Marker setzen!)**
- **Fahrt durchlaufen: LCT beenden, Eye-Tracking stoppen, GoPro stoppen**
- *Zwischenfragebogen aushändigen*
- *Log-Datei sichern (Probefahrt Log-Datei verschieben)*
- *Bogen auf Vollständigkeit prüfen*

## Phase 8 – Abschluss

- Verabschiedung:
  - „Mit dem Abschlussfragebogen endet nun die Studie. Ich bedanke mich recht herzlich für die Teilnahme!“
  - Erinnerung: Handy wieder laut stellen
- *Log-Daten überprüfen, Sicherungskopien anlegen und säubern*
- *Videos von Kamera sichern*
- *Tablet & Kamera laden*
- *GoPro WLAN ausschalten (Knopf an der Seite), Kamera ausschalten (Knopf Vorderseite 3 Sekunden drücken)*

## A.2. Nebenaufgaben der Fahrsimulatorstudie

- Temperatur links auf 18 Grad stellen
- Temperatur links um 3 Grad erhöhen
- Temperatur links um 3 Grad verringern
- Temperatur links auf Hi stellen
- Temperatur links auf Lo stellen
- Temperatur rechts auf 18 Grad stellen
- Temperatur rechts um 3 Grad erhöhen
- Temperatur rechts um 3 Grad verringern
- Temperatur rechts auf Hi stellen
- Temperatur rechts auf Lo stellen
- Gebläsestufe auf Level 5 setzen
- Gebläsestufe um zwei Stufen erhöhen
- Gebläsestufe um zwei Stufen verringern
- Gebläsestufe auf Maximum setzen
- Gebläsestufe auf Minimum setzen
- Luftverteilung links auf Windschutzscheibe setzen
- Luftverteilung links auf Körper setzen
- Luftverteilung links auf Beine setzen
- Luftverteilung links auf Beine und Körper setzen
- Luftverteilung rechts auf Windschutzscheibe setzen
- Luftverteilung rechts auf Körper setzen
- Luftverteilung rechts auf Beine setzen
- Luftverteilung rechts auf Beine und Körper setzen
- Umluft einschalten
- Umluft ausschalten
- Heckscheibenbeheizung einschalten
- Heckscheibenbeheizung ausschalten

## A.3. Einverständniserklärung



Universität Stuttgart

Mensch-Computer-Interaktion  
Institut für Visualisierung und Interaktive Systems  
Prof. Dr. Albrecht Schmidt

TN ID: \_\_\_\_\_

### Einverständniserklärung

**Beschreibung:** Sie sind eingeladen, an einer **wissenschaftlichen Studie** zur **Er-forschung alternativer Bedienkonzepte in Fahrzeugen** teilzunehmen.

**ZEITABSCHÄTZUNG:** Ihre Teilnahme dauert etwa **75 Minuten**.

**DATENSAMMLUNG:** Während dieser Studie werden Audio-, Video und Datenaufzeichnungen vorgenommen, um Erkenntnisse über die Benutzbarkeit verschiedener Fahrzeug-Benutzerschnittstellen zu gewinnen. Diese Daten werden für weitere Analysezwecke gespeichert, um später – anonymisiert – weitere Auswertungen durchzuführen. Außerdem bitten wir Sie, mehrere Fragebögen auszufüllen.

**RISIKEN UND VORTEILE:** In dieser Studie bedienen Sie einen Fahrsimulator während der gleichzeitigen Interaktion mit verschiedenen Benutzerschnittstellen. Die gesammelten Daten werden sicher gespeichert. Wir garantieren, die Daten nicht missbräuchlich zu verwenden und sorgen dafür, dass Ihre Privatsphäre gewährleistet bleibt (z.B., indem Ergebnisse nur anonymisiert veröffentlicht werden). Ihre Entscheidung zur Teilnahme an dieser Studie beeinflusst in keiner Weise Ihre Noten.

**BEZAHLUNG:** Sie erhalten **10€** als Aufwandsentschädigung für Ihre Teilnahme.

**TEILNAHMERECHTE:** Wenn Sie dieses Formular gelesen haben und zustimmen, an der Studie teilzunehmen, gelten die folgenden Bedingungen: Sie akzeptieren, dass Sie Ihre **Teilnahme freiwillig ist** und Sie Ihre Zustimmung und Teilnahme jederzeit und ohne Nennung von Gründen versagen können, ohne dabei einen persönlichen Nachteil zu erleiden. Die **Alternative ist, nicht teilzunehmen**. Sie haben das Recht, bestimmte Fragen nicht zu beantworten. Die Ergebnisse dieser Studie können auf wissenschaftlichen und Fachkonferenzen vorgestellt und in wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht werden. Ihre Identität wird dabei nicht enthüllt, es sei denn, wir informieren Sie direkt darüber und bitten um Ihre Erlaubnis.

**KONTAKT & INFORMATION :** Wenn Sie Fragen, Bedenken oder Beschwerden über diese Studie, die Vorgehensweise, Risiken & Vorteile haben, kontaktieren Sie bitte eine der nachfolgend genannten Ansprechpartner: Tobias Stracke ([inf79637@stud.uni-stuttgart.de](mailto:inf79637@stud.uni-stuttgart.de)), Bastian Pfleging ([bastian.pfleging@vis.uni-stuttgart.de](mailto:bastian.pfleging@vis.uni-stuttgart.de)).

***Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich den oben genannten Bedingungen zustimme.***

Name: \_\_\_\_\_

Unterschrift, Ort, Datum: \_\_\_\_\_

Ich bin an den Ergebnissen der Studie interessiert und freue mich über eine Zuschaltung an meine E-Mail-Adresse: \_\_\_\_\_

#### **A.4. Quittungsliste**

### **Bestätigung über den Erhalt der Studienvergütung**

---

„Hiermit bestätige ich, dass ich an der Studie „Touch-Bedienung im Fahrzeug“ teilgenommen habe und eine Vergütung in Höhe von 10€ für die Studienteilnahme erhalten habe.“

	<b>Datum</b>	<b>Name</b>	<b>Vorname</b>	<b>Unterschrift</b>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

		<b>Name</b>	<b>Vorname</b>	<b>Unterschrift</b>
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

## A.5. Eingangsfragebogen

Seite 1 von 1

# Eingangsfragebogen

Teilnehmer-Nr.: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Fragen:

1.) Geschlecht (bitte ankreuzen):  männlich  
 weiblich

2.) Alter: \_\_\_\_\_

3.) Welchen Beruf üben Sie aus bzw. welchen Studiengang belegen Sie derzeitig?

\_\_\_\_\_

4.) Sind Sie im Besitz eines Führerscheins?  Ja, seit \_\_\_\_\_ Jahren.  
 Nein.

5.) Beurteilen Sie bitte die Häufigkeit Ihrer Automobil-Nutzung:  
 selten (1x pro Monat oder weniger)  
 gelegentlich (ca. 1x pro Woche)  
 häufig (mehrmals wöchentlich)  
 (annähernd) täglich

6.) Welche Fahrzeugklasse nutzen Sie üblicherweise?  
 Kompaktwagen  
 Mittelklasse  
 Oberklasse  
 Keine

### Erfahrungen:

1.) Sind Sie im Besitz eines Smartphones oder Tablets?  Ja, seit \_\_\_\_\_ Jahren.  
 Nein

2.) Haben Sie bereits Erfahrungen mit Touch-Screens in Fahrzeugen gemacht?

Ja, in einem Fahrzeug des/der folgenden Hersteller(s):

\_\_\_\_\_

Nein

Seite 1 von 1

## A.6. Zwischenfragebogen

Seite 1 von 3

# Zwischenfragebogen

Teilnehmer-Nr.: \_\_\_\_\_

Eingabe-Konzept: \_\_\_\_\_

### Bewertung des Eingabekonzepts:

1.) Schätzen Sie bitte ab, auf welche Anzeige Sie zur Kontrolle der Einstellungen geschaut haben:

*oberes Display* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Bedieneinheit*

2.) Nehmen Sie bitte zu den nachstehenden Aussagen Stellung:  
(Kreuz im zutreffenden Feld setzen)

	Stimme gar nicht zu	Stimme nicht zu	Unentschieden	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu
Ich könnte mir vorstellen, das System häufig einzusetzen.					
Ich habe das System als unnötig kompliziert empfunden.					
Ich empfand die Bedienung des Systems als einfach.					
Ich denke, dass ich die Hilfe einer technisch versierten Person benötigen würde, um das System zu nutzen.					
Die verschiedenen Funktionen des Systems waren gut integriert.					
Das System hatte zu viele Inkonsistenzen.					
Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute dieses System sehr schnell erlernen können.					
Ich empfand die Nutzung des Systems als sehr umständlich.					
Bei der Nutzung des Systems war ich sehr zuversichtlich.					
Ich musste eine Menge lernen, damit ich das System nutzen konnte.					

Seite 1 von 3

- 3.) Geben Sie jeweils den Grad der Beanspruchung, den Sie während des Versuches empfunden haben, auf einer Skala von *niedrig* bis *hoch* an.

**I. Anforderung an die gesamte Aufmerksamkeit**

Aufmerksamkeit, die insgesamt während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

*(Insgesamt alle mentalen (denken, entscheiden u.Ä.), visuellen, auditiven und manuellen Faktoren, die während der Fahrt erforderlich waren, um die Gesamtleistung zu erzielen.)*

*Niedrig*      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      *Hoch*

**II. Visuelle Anforderung**

Visuelle Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

*(Wie stark/häufig hat das System Ihren Blickkontakt gefordert?)*

*Niedrig*      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      *Hoch*

**III. Auditiva Anforderung**

Auditive Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

*(Wie stark/häufig mussten Sie Ihr Hörvermögen auf das System richten?)*

*Niedrig*      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      *Hoch*

**IV. Manuelle Anforderung**

Manuelle Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

*(Wie stark/häufig mussten Sie mit dem System händisch interagieren?)*

*Niedrig*      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      *Hoch*

**V. Stress**

Stressempfinden während der Fahrt, wie Unsicherheit, Irritation, Entmutigung u.Ä.

*(Wie stark/häufig hat Sie das System insgesamt unter Druck gesetzt?)*

*Niedrig*      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      [ ]      *Hoch*

## VI. Zeitliche Anforderung

Zeitlicher Druck während der Fahrt.

*(Gefühlte Belastung und spezifische Beeinträchtigung durch die schnelle Abfolge der Aufgaben.)*

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

## VII. Interferenz

Störung durch die Zweitaufgaben beim Fahren und deren Auswirkungen auf das Fahren.

*(Beeinträchtigung des Fahrerzustandes und Auswirkungen auf die Fahrleistung durch gleichzeitige Zweitaufgabe während des Fahrens.)*

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

---

4.) Geben Sie bitte an, inwiefern Sie mit den folgenden Aussagen übereinstimmen:

I. „Mir hat das soeben genutzte Bedienkonzept **insgesamt** gefallen.“

*Stimme gar* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Stimme voll und ganz zu*

II. „Das Bedienkonzept zur **Temperaturstellung** empfand ich als passend.“

*Stimme gar* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Stimme voll und ganz zu*

III. „Das Bedienkonzept zur **Einstellung der Luftverteilung** empfand ich als passend.“

*Stimme gar* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Stimme voll und ganz zu*

IV. „Das Bedienkonzept zur **Einstellung der Gebläsestufe** empfand ich als passend.“

*Stimme gar* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Stimme voll und ganz zu*

V. „Das Bedienkonzept zum **Ein- und Ausschalten von Funktionen** (Umluft, Heckscheibenbeheizung,...) empfand ich als passend.“

*Stimme gar* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Stimme voll und ganz zu*

## A.7. Zwischenfragebogen (Referenzfahrt)

Seite 1 von 2

# Zwischenfragebogen

Teilnehmer-Nr.: \_\_\_\_\_

Eingabe-Konzept: **Baseline**

- 1.) Geben Sie jeweils den Grad der Beanspruchung, den Sie während des Versuches empfunden haben, auf einer Skala von *niedrig* bis *hoch* an.

### I. Anforderung an die gesamte Aufmerksamkeit

Aufmerksamkeit, die insgesamt während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

(*Insgesamt alle mentalen (denken, entscheiden u.Ä.), visuellen, auditiven und manuellen Faktoren, die während der Fahrt erforderlich waren, um die Gesamtleistung zu erzielen.*)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

### II. Visuelle Anforderung

Visuelle Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

(*Wie stark/häufig hat das System Ihren Blickkontakt gefordert?*)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

### III. Auditiva Anforderung

Auditive Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

(*Wie stark/häufig mussten Sie Ihr Hörvermögen auf das System richten?*)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

### IV. Manuelle Anforderung

Manuelle Anforderung, die während der Fahrt nötig war, um die Aufgaben zu erfüllen.

(*Wie stark/häufig mussten Sie mit dem System händisch interagieren?*)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

Seite 1 von 2

**V. Stress**

Stressempfinden während der Fahrt, wie Unsicherheit, Irritation, Entmutigung u.Ä.

(Wie stark/häufig hat Sie das System insgesamt unter Druck gesetzt?)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

**VI. Zeitliche Anforderung**

Zeitlicher Druck während der Fahrt.

(Gefühlte Belastung und spezifische Beeinträchtigung durch die schnelle Abfolge der Aufgaben.)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

**VII. Interferenz**

Störung durch die Zweitaufgaben beim Fahren und deren Auswirkungen auf das Fahren.

(Beeinträchtigung des Fahrerzustandes und Auswirkungen auf die Fahrleistung durch gleichzeitige Zweitaufgabe während des Fahrens.)

*Niedrig* [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] *Hoch*

## A.8. Abschlussfragebogen

Seite 1 von 1

# Abschlussfragebogen

Teilnehmer-Nr.: \_\_\_\_\_

### Vergleich der Interaktionsmodalitäten

- 1.) Halten Sie es grundsätzlich für wünschenswert, die Klimaeinstellungen (und weitere Funktionen) Ihres Fahrzeugs dauerhaft über ein Touch-Interface zu bedienen?

[ ] Ja  
[ ] Nein

- 2.) Welche Vorteile sehen Sie in der Verwendung einer Touch-Bedienung gegenüber konventionellen Schaltern und Knöpfen?

---

---

---

- 3.) Welche Nachteile sehen Sie in der Verwendung einer Touch-Bedienung gegenüber konventionellen Schaltern und Knöpfen?

---

---

---

- 4.) Welches Bedienkonzept war Ihr Favorit?

Knöpfe /  Touch /  Mehrfach-Wischen /  einfaches Wischen /  Mehrfinger-Wischen

- 5.) Haben Sie weitere Anmerkungen?

---

---

---

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Seite 1 von 1

# Literaturverzeichnis

- [1] Interacting with the car. *Computing Control Engineering Journal*, 16(1):31–33, 2005. (Zitiert auf Seite 19)
- [2] Kenneth Majlund Bach, Mads Gregers Jæger, Mikael B. Skov, and Nils Gram Thomassen. You can touch, but you can't look: Interacting with in-vehicle systems. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '08, pages 1139–1148, New York, NY, USA, 2008. ACM. (Zitiert auf den Seiten 12, 19, 22, 23 und 54)
- [3] Olivier Bau, Ivan Poupyrev, Ali Israr, and Chris Harrison. Teslatouch: Electrovibration for touch surfaces. In *Proceedings of the 23Nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '10, pages 283–292, New York, NY, USA, 2010. ACM. (Zitiert auf Seite 23)
- [4] M. Blanco, W.J. Biever, J.P. Gallagher, and Dingus T.A. The impact of secondary task cognitive processing demand on driving performance. 2006. (Zitiert auf Seite 18)
- [5] J. Brooke. Sus: A quick and dirty usability scale, 1996. (Zitiert auf den Seiten 43 und 47)
- [6] Duncan P. Brumby, Samantha C.E. Davies, Christian P. Janssen, and Justin J. Grace. Fast or safe?: How performance objectives determine modality output choices while interacting on the move. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pages 473–482, New York, NY, USA, 2011. ACM. (Zitiert auf Seite 19)
- [7] Gary Burnett, Elizabeth Crundall, David Large, Glyn Lawson, and Lee Skrypchuk. A study of unidirectional swipe gestures on in-vehicle touch screens. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '13, pages 22–29, New York, NY, USA, 2013. ACM. (Zitiert auf den Seiten 22, 25 und 54)
- [8] Lars Holm Christiansen, Nikolaj Yde Frederiksen, Brit Susan Jensen, Alex Ranch, Mikael B. Skov, and Nissanthen Thiruravichandran. Don't look at me, i'm talking to you: Investigating input and output modalities for in-vehicle systems. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 International Conference on Human-computer Interaction - Volume Part II*, INTERACT'11, pages 675–691, Berlin, Heidelberg, 2011. Springer-Verlag. (Zitiert auf den Seiten 12, 19, 22 und 54)
- [9] Tanja Döring, Dagmar Kern, Paul Marshall, Max Pfeiffer, Johannes Schöning, Volker Gruhn, and Albrecht Schmidt. Gestural interaction on the steering wheel: Reducing the visual demand. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pages 483–492, New York, NY, USA, 2011. ACM. (Zitiert auf den Seiten 22 und 24)
- [10] Ronald Ecker, Verena Broy, Andreas Butz, and Alexander De Luca. pietouch: A direct touch gesture interface for interacting with in-vehicle information systems. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*,

- MobileHCI '09, pages 22:1–22:10, New York, NY, USA, 2009. ACM. (Zitiert auf den Seiten 22, 23 und 26)
- [11] Ronald Ecker, Verena Broy, Katja Hertzschuch, and Andreas Butz. Visual cues supporting direct touch gesture interaction with in-vehicle information systems. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '10, pages 80–87, New York, NY, USA, 2010. ACM. (Zitiert auf Seite 23)
  - [12] Yasmine N. El-Glaly, Francis Quek, Tonya Smith-Jackson, and Gurjot Dhillon. Touch-screens are not tangible: Fusing tangible interaction with touch glass in readers for the blind. In *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '13, pages 245–253, New York, NY, USA, 2013. ACM. (Zitiert auf Seite 22)
  - [13] IHS Electronics and Media. The world market for automotive user interfaces. 2012. (Zitiert auf Seite 20)
  - [14] P. M. Fitts. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 74:381–391, 1954. (Zitiert auf Seite 21)
  - [15] International Organization for Standardization. Road vehicles – ergonomic aspects of transport information and control systems – simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand. 2010. (Zitiert auf Seite 40)
  - [16] Jon Froehlich, Jacob O. Wobbrock, and Shaun K. Kane. Barrier pointing: Using physical edges to assist target acquisition on mobile device touch screens. In *Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Assets '07, pages 19–26, New York, NY, USA, 2007. ACM. (Zitiert auf Seite 22)
  - [17] Masaaki Fukumoto and Toshiaki Sugimura. Active click: Tactile feedback for touch panels. In *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '01, pages 121–122, New York, NY, USA, 2001. ACM. (Zitiert auf Seite 23)
  - [18] Thomas M. Gable, Bruce N. Walker, Haifa R. Moses, and Ramitha D. Chitloor. Advanced auditory cues on mobile phones help keep drivers' eyes on the road. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '13, pages 66–73, New York, NY, USA, 2013. ACM. (Zitiert auf Seite 19)
  - [19] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, and John Vlissides. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1995. (Zitiert auf Seite 34)
  - [20] G. Geiser. Man machine interaction in vehicles. 1985. (Zitiert auf Seite 15)
  - [21] Sandra G Hart and Lowell E Staveland. Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. *Human mental workload*, 1(3):139–183, 1988. (Zitiert auf Seite 43)
  - [22] C. Harvey, N. Stanton, C. Pickering, M. McDonald, and P. Zheng. To twist or poke? a method for identifying usability issues with the rotary controller and touch screen for control of in-vehicle information systems. 2011. (Zitiert auf den Seiten 11 und 20)

- [23] <http://de.wikipedia.org/wiki/Infotainmentsystem>. Infotainment-system. (Zitiert auf Seite 21)
- [24] Myounghoon Jeon, Benjamin K. Davison, Michael A. Nees, Jeff Wilson, and Bruce N. Walker. Enhanced auditory menu cues improve dual task performance and are preferred with in-vehicle technologies. In *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '09, pages 91–98, New York, NY, USA, 2009. ACM. (Zitiert auf Seite 19)
- [25] Dagmar Kern and Albrecht Schmidt. Design space for driver-based automotive user interfaces. In *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '09, pages 3–10, New York, NY, USA, 2009. ACM. (Zitiert auf den Seiten 15, 16 und 17)
- [26] S. G. Klauer, T. A. Dingus, V. L. Neale, J. D. Sudweeks, and D.J. Ramsey. The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data. Washington DC, 2006. NHTSA. (Zitiert auf Seite 18)
- [27] Tuomo Kujala. Browsing the information highway while driving: Three in-vehicle touch screen scrolling methods and driver distraction. *Personal Ubiquitous Comput.*, 17(5):815–823, June 2013. (Zitiert auf Seite 20)
- [28] Annegret Lasch and Tuomo Kujala. Designing browsing for in-car music player: Effects of touch screen scrolling techniques, items per page and screen orientation on driver distraction. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '12, pages 41–48, New York, NY, USA, 2012. ACM. (Zitiert auf Seite 20)
- [29] Ju-Hwan Lee and Charles Spence. Assessing the benefits of multimodal feedback on dual-task performance under demanding conditions. In *Proceedings of the 22Nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 1*, BCS-HCI '08, pages 185–192, Swinton, UK, UK, 2008. British Computer Society. (Zitiert auf Seite 19)
- [30] S. Mattes. The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation. 2003. (Zitiert auf den Seiten 40 und 51)
- [31] V. L. Neale, T. A. Dingus, S. G. Klauer, and M. Goodman. Overview of the 100-car naturalistic study and findings. Washington DC, 2005. NHTSA. (Zitiert auf Seite 18)
- [32] Commission of the European Communities. Commission recommandation of 22. december 2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update in the european statement of principles on human machine interface. In *Official Journal of the European Union* 50, 2007. (Zitiert auf Seite 16)
- [33] A. Pauzie. A method to assess the driver mental workload: The driving activity load index (dali). *Intelligent Transport Systems, IET*, 2(4):315–322, December 2008. (Zitiert auf den Seiten 43 und 48)
- [34] Max Pfeiffer, Dagmar Kern, Johannes Schöning, Tanja Döring, Antonio Krüger, and Albrecht Schmidt. A multi-touch enabled steering wheel: Exploring the design space. In *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '10, pages 3355–3360, New York, NY, USA, 2010. ACM. (Zitiert auf Seite 22)

- [35] Bastian Pfleging, Stefan Schneegass, and Albrecht Schmidt. Multimodal interaction in the car: Combining speech and gestures on the steering wheel. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '12, pages 155–162, New York, NY, USA, 2012. ACM. (Zitiert auf Seite 20)
- [36] C.A. Pickering, K.J. Burnham, and Michael J. Richardson. A research study of hand gesture recognition technologies and applications for human vehicle interaction. In *Automotive Electronics, 2007 3rd Institution of Engineering and Technology Conference on*, pages 1–15, 2007. (Zitiert auf den Seiten 16 und 17)
- [37] Martin Pielot, Anastasia Kazakova, Tobias Hesselmann, Wilko Heuten, and Susanne Boll. Pocket-menu: Non-visual menus for touch screen devices. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '12, pages 327–330, New York, NY, USA, 2012. ACM. (Zitiert auf Seite 22)
- [38] Luis M. Recarte, Miguel A.; Nunes. Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. In *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol 9(2), pages 119–137, 2003. (Zitiert auf Seite 18)
- [39] Bryan Reimer, Bruce Mehler, Ying Wang, Alea Mehler, Hale McAnulty, Erin McKissick, Joseph F. Coughlin, Steve Matteson, Vladimir Levantovsky, David Gould, Nadine Chahine, and Geoff Greve. An exploratory study on the impact of typeface design in a text rich user interface on off-road glance behavior. In *Proceedings of the 4th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '12, pages 25–32, New York, NY, USA, 2012. ACM. (Zitiert auf Seite 20)
- [40] Hendrik Richter, Ronald Ecker, Christopher Deisler, and Andreas Butz. Haptouch and the 2+1 state model: Potentials of haptic feedback on touch based in-vehicle information systems. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '10, pages 72–79, New York, NY, USA, 2010. ACM. (Zitiert auf Seite 23)
- [41] Meghan Rogers, Yu Zhang, David Kaber, Yulan Liang, and Shruti Gangakhedkar. The effects of visual and cognitive distraction on driver situation awareness. In *Proceedings of the 9th International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics*, EPCE'11, pages 186–195, Berlin, Heidelberg, 2011. Springer-Verlag. (Zitiert auf Seite 18)
- [42] Sonja Rümelin and Andreas Butz. How to make large touch screens usable while driving. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '13, pages 48–55, New York, NY, USA, 2013. ACM. (Zitiert auf den Seiten 21, 22, 24 und 54)
- [43] Farzan Sasangohar, I. Scott MacKenzie, and Stacey D. Scott. Evaluation of mouse and touch input for a tabletop display using fitts' reciprocal tapping task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 53(12):839–843, 2009. (Zitiert auf Seite 21)
- [44] B. Sheiderman and C. Plaisant. *Designing the User Interface: Strategies for effective Human computer Interaction*. 2004. (Zitiert auf Seite 26)

- [45] Richard Swette, Keenan R. May, Thomas M. Gable, and Bruce N. Walker. Comparing three novel multimodal touch interfaces for infotainment menus. In *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, AutomotiveUI '13, pages 100–107, New York, NY, USA, 2013. ACM. (Zitiert auf Seite 22)
- [46] Marcus Tonnis, Verena Broy, and Gudrun Klinker. A survey of challenges related to the design of 3d user interfaces for car drivers. In *Proceedings of the IEEE Conference on Virtual Reality*, VR '06, pages 134–, Washington, DC, USA, 2006. IEEE Computer Society. (Zitiert auf Seite 16)
- [47] Vector-Informatik. *Programming with CAPL*, December 2004. (Zitiert auf Seite 32)
- [48] J. Walker, E. Alicandri, C. Sedney, and K. Roberts. In-vehicle navigation devices: Effects on the safety of driver performance. In *Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1991*, volume 2, pages 499–525, Oct 1991. (Zitiert auf Seite 19)
- [49] C. D. Wickens. Multiple resources and performance prediction. In *Theoretical issues in ergonomics* 3(2), pages 159–177, 2002. (Zitiert auf Seite 19)
- [50] W. W. Wierville. Visual and manual demands of in-car controls and displays. page 299 to 313. *Automotive Ergonomics*. ed. by Peacock, B. Karwowski, B.: Taylor and Francis, 1993. (Zitiert auf Seite 18)
- [51] Jacob O. Wobbrock, Brad A. Myers, and John A. Kembel. Edgewrite: A stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion. In *Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '03, pages 61–70, New York, NY, USA, 2003. ACM. (Zitiert auf Seite 22)

Alle URLs wurden zuletzt am 18. 11. 2014 geprüft.



### **Erklärung**

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

---

Ort, Datum, Unterschrift