



Institut für Konstruktionstechnik  
und Technisches Design  
Universität Stuttgart

Forschungs- und Lehrgebiet  
Technisches Design

Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier

## Bachelorarbeit

Adrian Henrich

### Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen

Ausgabetag: 15.04.2016

Abgabetag: 15.09.2016

Betreuung durch: Prof. Dr.-Ing. T. Maier  
M.Sc. T. Glohr

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>II. Begriffsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>12</b>
1.1 Motivation	13
1.1.1 Vorteile des Touchscreens als Interface im Automobil	13
1.1.2 Nachteile des Touchscreens als Interface im Automobil	14
1.2 Ziel der Arbeit	16
1.3 Struktur und Aufbau	17
<b>2 Grundlagen</b>	<b>19</b>
2.1 Interface	19
2.2 Interfacedesign	23
2.2.1 Usability-Eigenschaften	23
2.2.2 Goal-Directed Design	24
2.2.3 Paper Prototyping	25
2.2.4 Formale Qualitäten nach Galitz	25
2.2.5 Anordnung eines Touchscreens nach Zühlke	26
2.3 Ablenkung	27
2.4 Vorgehen nach VDI 2221	30
2.4.1 Planen	31
2.4.2 Konzipieren	31
2.4.3 Entwerfen	32
2.4.4 Ausarbeiten	32
2.5 Stand der Technik	33
2.5.1 Konventionelle Mittelkonsolen	33
2.5.2 Touchscreens im Automobil	35
2.5.3 Hybrides Interface als Umwelt des Menschen	37
2.5.4 Zusätzliche Dimension von Touchscreens	38
2.5.4.1 Durch Bewegung	38
2.5.4.2 Durch variable reale Interfaceelemente	38
2.5.4.3 Durch Vibration	40
2.5.5 Simulation von Oberflächentextur	40
2.5.5.1 Durch Vibration	41
2.5.5.2 Durch Spannung	42

2.5.6	Fühlen virtueller Oberflächen	43
2.5.7	Hybrides Interface im Automobil	44
2.6	Lane Change Task	46
2.6.1	Datenermittlung	47
2.6.2	Analyse	48
2.6.3	Skalenniveau	50
<b>3</b>	<b>Entwicklung eines hybriden Interface</b>	<b>51</b>
3.1	Planen	51
3.1.1	Anforderungsliste	51
3.1.2	Entwicklung eines Vergleichsobjektes	54
3.1.3	Positionierung und Ablenkungsgrad	54
3.2	Konzipieren	62
3.2.1	Online-Umfrage	62
3.2.1.1	Funktionen	62
3.2.1.2	Ablenkungsgrad	64
3.2.2	Bedienoberfläche	64
3.2.3	Anordnung der Funktionen auf der Bedienoberfläche	65
3.2.4	Konzeption von hybriden Interfaceelementen	69
3.2.5	Zuordnung von Lösungsprinzipien	74
3.2.6	Konzeption von Gestaltungsvarianten	76
3.3	Entwerfen	78
3.3.1	Anpassungen des Konzepts	78
3.3.2	Entwerfen der Interfacemodule und -elemente	81
3.3.2.1	Medienmodul (Audio und Telefon)	82
3.3.2.2	Navigationsmodul	84
3.3.2.3	Klima-/Komfortmodul	86
3.3.3	Gestalten Gesamtlayout	87
3.4	Ausarbeiten	88
<b>4</b>	<b>Evaluation</b>	<b>90</b>
4.1	Versuchsaufbau und -beschreibung	90
4.2	Versuchsdurchführung	91
4.2.1	Einweisung	91
4.2.2	Testablauf mit dem LCT	91
4.2.3	Probandenbefragung	92
4.3	Ergebnisse	92
4.4	Diskussion	97

4.4.1	Handauflagen und Ankerpunkte	101
4.4.2	Hybride Elemente	101
4.4.3	Virtuelle Elemente	102
4.5	Fazit	103
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>105</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>106</b>
7.1	Formale Qualitäten nach Galitz	106
7.2	Anforderungsliste	108
7.3	Umfrage auf UmfrageOnline.com	113
7.4	Umfrageergebnisse von UmfrageOnline.com	119
7.5	Morphologischer Kasten	129
7.6	Studie: Bilder	131
7.7	Studie: Bedienszenario	135
7.8	Studie: Probandenbefragung (Umfrage auf UmfrageOnline.com)	137
7.9	Studie: Ergebnisse Probandenbefragung (UmfrageOnline.com)	142
7.10	Studie: Ergebnisse LCT-Analyse	148
<b>8</b>	<b>Bildverzeichnis</b>	<b>152</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>155</b>
<b>10</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>156</b>
10.1	Literatur	156
10.2	Internet	163
10.3	Normen und Richtlinien	169



## I. Abkürzungsverzeichnis

"	Zoll
.exe	Ausführbare Datei (Dateiendung)
.txt	Textdatei (Dateiendung)
cm	Zentimeter
HD	High Definition
kg	Kilogramm
MIB II	Modularer Infotainment Baukasten Zwei
mm	Millimeter
MMI	Mensch-Maschine-Interaktion; Mensch-Maschine-Interface
N	Newton
Nm	Newtonmeter
PKW	Personenkraftwagen
px	Pixel
QHD	Quad High Definition
VR	Virtual Reality
WQHD	Wide Quad High Definition

## II. Begriffsverzeichnis

1440p	Siehe QHD
1080p	Siehe FullHD
720p	Siehe HD
Aktion (Interface)	Auch Ereignis genannt [VDE-3850, S. 6]. Operation, mit Objekten zu interagieren und/oder diese zu modifizieren (durch Bewegen, Zeigen, Klicken, Auswählen und Verformen) [GAL-97, S. 13] (siehe auch Tippen, Hit, Hold, Release, Langes Drücken, Swipe)
Anforderung	Besteht aus dem Tripel Wertebereich, Wertefunktion und Gewichtung [MAI-16a]

Ankerpunkt	Ein Objekt auf einem Touch-Interface im Automobil (mit ausgestrecktem Arm) zu treffen ist während der Fahrt schwierig (vgl. Aussage von Gordon Wagener [PCW-14a, S. 1]). Um Relativbewegungen von Bildschirm und Arm entgegenzuwirken bedarf es eines Fixpunktes, auf dem beispielsweise die Handkante, der Handballen oder ein Fingergelenk abgestützt werden kann. Ein solcher Punkt wird Ankerpunkt genannt.
Bedienbarkeit	Siehe Gebrauchstauglichkeit
Bedienelement	Auch Bedienungselement genannt: "Zur Bedienung eines Gerätes, einer Apparatur o. Ä. erforderliches Bauteil (z. B. Schalter, Hebel, Knopf)" [DUD-16d]
Bedienelement (virtuell)	"Zur Bedienung durch den Nutzer bestimmtes auf dem Bildschirm dargestelltes Objekt (Beispiel: Schaltfläche, Eingabefeld)" [VDE-3850, S. 5]
Bedienungselement	Siehe Bedienelement
Blick auf die Straße	Sichtachse des Fahrers horizontal in Fahrtrichtung.
Braille	Blindenschrift. Ein 2 x 3 Raster (horizontal x vertikal) bildet die Grundlage aller Braille-Schriftzeichen. Jedes der 6 Rasterelemente kann entweder den Zustand hoch oder tief einnehmen, woraus sich 64 Kombinationsmöglichkeiten ergeben. Hoch ausgeführte Rasterelemente werden als Erhöhung auf Papier oder anderen Oberflächen dargestellt. Durch Fühlen der hohen Punkte im Raster kann die Schrift gelesen werden.[BRA-05, S. 11, 17]
Button (virtuell)	Auch Knopf genannt. Bei virtuellem Interface eine Schaltfläche, die aufgrund ihrer Form, Farbe und/oder Grafik eine mögliche Betätigung durch den Nutzer implementiert [INT-16] (siehe auch Schaltfläche). Beim realen Interface ein Taster oder Schalter.
Direkte Interaktion	Siehe Unmittelbare Interaktion

Direktzugriff	Auch Schnellzugriff oder Hyperlink [SPR-16], Verknüpfung oder Quick-Access genannt. Die Möglichkeit, eine Funktion durch eine einzelne Aktion zu nutzen. Dem Schnellzugriff steht die Möglichkeit gegenüber, dieselbe Funktion durch eine Verkettung mehrerer Aktionen zu einem Aktionsablauf zu nutzen. Beispiel: Herunterfahren eines Computers durch Betätigung des Hardware-An-Aus-Schalters. Die Alternative wäre (bei Microsoft Windows 10) Klicken auf das Windows-Symbol, Klick auf Ein-Aus, Klick auf Herunterfahren und eventuelle Bestätigung des Herunterfahrens
Einfachheit (GUI-Design)	<p>Ein Interface soll so einfach wie möglich gehalten sein. Fünf Möglichkeiten, Einfachheit zu gewährleisten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einblenden von Objekten erst, wenn dies nötig ist; dabei häufig verwendete und wichtige Objekte zuerst anzeigen</li> <li>• Voreinstellungen, Schnellzugriffe und Templates vorsehen</li> <li>• möglichst wenige Punkte und Linien, an denen Elemente auf dem Bildschirm ausgerichtet sind</li> <li>• Aktionen, die häufig verwendet werden, müssen einfacher zugänglich sein als solche, die selten verwendet werden</li> <li>• Uniformität und Konsistenz gewährleisten</li> </ul> <p>[GAL-97, S. 44]</p>
Ereignis (Interface)	Siehe Aktion (Interface). [VDE-3850, S. 6]
Ergonomie	Wissenschaft von der Anpassung der Technik an den Menschen zur Erleichterung der Arbeit. Das Ziel, die Belastung des arbeitenden Menschen so ausgewogen wie möglich zu halten, wird unter Einsatz technischer, medizinischer, psychologischer sowie sozialer und ökonomischer Erkenntnisse angestrebt. Der Begriff setzt sich aus den griechischen Wörtern ergon (Arbeit, Werk) und nomos (Gesetz, Regel) zusammen [BUL-94, S. 4]
Feedback	Siehe Rückmeldung
FullHD (Full High Definition)	Auch 1080p abgekürzt. FullHD bedeutet eine Bildschirmauflösung von 1920 x 1080 Pixeln, in der Regel im Bildseitenverhältnis von 16:9. [BÖH-11, S.75]

Funktion	Funktionen beschreiben "den Zweck eines Systems oder Systemelements. Konkrete Realisierungs- und Umsetzungsmöglichkeiten werden dabei nicht betrachtet, die Beschreibung des Systemzwecks erfolgt so lösungsneutral wie erforderlich" [PON-11, S. 61]
Gebrauch	Ganzheit aus Wahrnehmung, Erkennung und Verhalten des Menschen gegenüber einem Produkt [MAI-16a]
Gebrauchstauglichkeit	Die Gebrauchstauglichkeit oder Bedienbarkeit (engl. Usability) wird in der DIN EN ISO 9241-11 als "das Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden können, um festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen" [ISO-9241, S. 7] definiert.
Gebrauchswert	Verhältnis von Nutzen zu Aufwand bzw. Kosten [MAI-16a]
Gesamtgestalt	Kombination der Teilgestalten Funktions-, Interface- und Tragwerkgestalt (vgl. Produktgestalt)
Gesichtsfeld	Das Gesichtsfeld umfasst den Bereich, der bei fester Kopfstellung und fixierenden Augen überblickt werden kann [LAN-08, S. 84]; Das Gesichtsfeld ist die Summe aller Richtungen, in denen das Auge gleichzeitig Licht wahrnimmt [WEB-93, S. 2]; Das Gesichtsfeld ist der Raum, der vom Auge gleichzeitig wahrgenommen wird [WEB-93, S. 2].
Gestensteuerung	Eingabe von Information durch den Nutzer ohne Berührung durch Bewegung vor einem Sensor. "Gestensteuerung stellt eine Form der Mensch-Computer-Interaktion basierend alleine auf der dreidimensionalen visuellen Erfassung von Nutzern und deren Aktionen ohne das Erfordernis von am Körper des Anwenders befindlichen technischen Hilfsmitteln dar" [MÜL-11, S. 20]
Goldener Schnitt	Seitenverhältnis von 1:1,618 [MAI-16f, S. 97]. Genauer: $\phi = \frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,6180339887$ [BEU-98] sowie [GAL-97, S. 104]
Haptisches Feedback	Vom Nutzer spürbare Rückmeldung (siehe Rückmeldung)
HD (High Definition)	Auch 720p abgekürzt. Display-Auflösung von 1280 x 720 px bei einem Seitenverhältnis von 16:9 [BÖH-11, S.75]

Hit	Auch Hit-Aktion oder Hit-Ereignis genannt. "Aufsetzen von einem oder mehreren Fingern auf dem Touchscreen" [VDE-3850, S. 6]. Bei Bedienung mit einem Point-and-Click-Device (z. B. Computer-Maus) entspricht dies der Betätigung der linken Maustaste [GAL-97, S. 15]
Hit-Aktion	Siehe Hit
Hit-Ereignis	Siehe Hit
Hold	Auch Hold-Aktion oder Hold-Ereignis genannt. "Halten von einem oder mehreren Fingern auf dem Touchscreen" [VDE-3850, S. 6]. Bei Bedienung mit einem Point-and-Click-Device (z. B. Computer-Maus) entspricht dies dem Gedrückthalten der linken Maustaste [GAL-97, S. 15]
Hold-Aktion	Siehe Hold
Hold-Ereignis	Siehe Hold
Immersion	Immersion beschreibt den Eindruck, dass sich die Wahrnehmung der eigenen Person in der realen Welt vermindert und die Wahrnehmung einer virtuellen Welt (als die vorherrschende interaktive Welt) vergrößert (in Anlehnung an [WIK-16] und [DUD-16g])
Indirekte Sicht	Auch indirektes Gesichtsfeld genannt. Objekte und Personen können nicht unmittelbar wahrgenommen werden. Sie werden nicht scharf wahrgenommen, da die Augen auf einen anderen Punkt fixiert sind [HAS-93, S. 82]
Indirektes Gesichtsfeld	Siehe Indirekte Sicht
Konsistenz (GUI-Design)	<p>Ein System soll durchgängig ähnlich aussehen, funktionieren und auf Eingaben reagieren. Ähnliche Interfaceelemente sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ähnlich aussehen</li><li>• ähnliche Funktionen aufweisen</li><li>• ähnlich funktionieren</li></ul> <p>Dieselbe Aktion soll immer zum selben Ergebnis führen. Die Funktion und Ausrichtung von Standardelementen soll sich nicht ändern [GAL-97, S. 38]</p>

Langes Drücken	"Touch-Geste, die aus zwei bis drei der folgenden Ereignisse besteht: Hit, Hold, Release" (siehe Hit, Hold, Release) [VDE-3850, S. 6]
Methode	Auch Verfahren genannt. "Planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines bestimmten Ziels" [PAH-07, S. 784]
Methodik	"Planmäßiges Vorgehen unter Einschluss mehrerer Methoden und Hilfsmittel" [PAH-07, S. 784]
Move	Auch Move-Aktion oder Move-Ereignis genannt. "Bewegen von einem oder mehreren Fingern auf dem Touchscreen" [VDE-3850, S. 6]
Move-Aktion	Siehe Move
Move-Ereignis	Siehe Ereignis
Multi-Touch	"Touchscreen-Technologie, die - eine entsprechend ausgestattete Hardware vorausgesetzt - die Berührung mit mehr als einem Finger registrieren kann" [VDE-3850, S. 7]
Objekt (Interface)	Objekte sind für den Nutzer immer sichtbar und können dazu genutzt werden, Aktionen auszuführen um Aufgaben zu erledigen [GAL-97, S. 13]
Prinzip	"Idee, die einer Sache zugrunde liegt und nach der etwas wirkt; Schema, nach dem etwas aufgebaut ist oder abläuft" [DUD-16e]
Produkt	"Das Paar bestehend aus der Produktgestalt und dem Gebrauchswert" [SEE-92, S. 4]
Produktgestalt	"Ein dreidimensionales und materiales Gebilde, das beschriftet, farbig, geformt und mit einem Aufbau versehen ist" [SEE-92, S. 47]
QHD (Quad-HD)	Auch WQHD oder 1440p genannt. Display-Auflösung von 2560 x 1440 px bei einem Seitenverhältnis von 16:9 (jeweils Breite x Höhe). Die Auflösung weist viermal so viele Pixel auf, wie HD bzw. 720p (siehe HD) [BÖH-11, S.75]
Quick-Access	Siehe Direktzugriff

Release	Auch Release-Aktion oder Release-Ereignis genannt. "Loslassen von einem oder mehreren Fingern vom Touchscreen" [VDE-3850, S. 6]. Bei Bedienung mit einem Point-and-Click-Device (z. B. Computer-Maus) entspricht dies dem Loslassen der linken Maustaste [GAL-97, S. 15]
Release-Aktion	Siehe Release
Release-Ereignis	Siehe Release
Rückmeldung	Auch Feedback genannt. "Information über den aktuellen Zustand der Benutzungsschnittstelle nach einer Interaktion" [VDE-3850, S. 6]
Schalter	Kann die Zustände An und Aus bzw. 1 und 0 aufweisen. Ein Taster bleibt nach Betätigung so lange im Zustand An, bis er ein weiteres Mal gedrückt wird.
Schaltfläche	"Auf dem Bildschirm dargestellte Fläche, die es dem Nutzer ermöglicht, eine ihr zugeordnete Funktion auszulösen" [VDE-3850, S. 6]
Schnellzugriff	Siehe Direktzugriff
Sitzriese	"Extrem großer Oberkörper und damit kurze Beine im Verhältnis zur Stammlänge" [GRA-02, S. 12]
Sitzzwerg	"Extrem kleiner Oberkörper und damit lange Beine im Verhältnis zur Stammlänge" [GRA-02, S. 12]
Swipe	Auch Verfahrensgeste oder Ziehen genannt. "Touch-Geste, die zusätzlich eine geführte Bewegung auf der Oberfläche des Touchscreens enthält und aus folgenden Ereignissen besteht: Hit, Move, Hold (optional), Release" [VDE-3850, S. 9]
Taster	Kann die Zustände An und Aus bzw. 1 und 0 einnehmen. Bei Betätigung bleibt ein Taster so lange im Zustand An, wie er gedrückt wird.
Tippen	"Touch-Geste, die aus ein bis zwei der folgenden Ereignisse besteht: Hit, Release" [VDE-3850, S. 8]
Toggle (virtuell)	Auch Umschalt-Knopf oder Toggle-Button genannt. Knopf, der zwei Zustände einnehmen kann: An oder Aus bzw. 1 oder 0 [INT-16]

Touch-Geste	"Eingabe von Information durch den Nutzer, bestehend aus ein bis drei der nachfolgenden Ereignisse: Hit, Hold, Release" [VDE-3850, S. 8]
Touch-Interaktion	"Eingabe von Information durch den Nutzer auf einer Touch-Oberfläche mittels Kontakt zwischen Finger und Touchscreen" [VDE-3850, S. 8]
Touchscreen	"Kombination aus Komponenten für die grafische Darstellung und die sensorische Erfassung von Berührungskordinaten" [VDE-3850, S. 8]
Uniformität (GUI-Design)	Vgl. Konsistenz. Objekte und Schaltflächen sollen auch auf unterschiedlichen Menüebenen ähnlich angeordnet sein.  [GAL-97, S. 45]
Unmittelbare Interaktion	Auch direkte Interaktion genannt. "Interaktion, die durch eine Bedienhandlung direkt über der visuellen Darstellung des Objekts erfolgt (Beispiel: Direktes Berühren und Verschieben eines dargestellten zu verschiebenden Objekts mit dem Finger)" [VDE-3850, S. 9]
Usability	Siehe Gebrauchstauglichkeit
Verfahren	Siehe Methode
Verknüpfung	Siehe Direktzugriff
Wahrnehmung	Informationsgewinnung und -verarbeitung durch Aufnahme von Reizen über Sensoren eines Lebewesens. Dazu gehören unter anderem: Sehen, Hören, Tasten, Riechen und Schmecken [KUN-04, S. 197]
Wirkprinzip	Das Wirkprinzip beschreibt Gesetzmäßigkeiten eines technologischen Vorganges. Dazu wird das Zusammengehen von physikalischen Effekten, geometrischen und stofflichen Merkmalen (der Wirkfaktoren) sowie deren Wechselwirkungen im Prozess beschrieben [FRA-79]; siehe auch Prinzip
WQHD	Siehe QHD
Zoll	Maßeinheit. 1 Zoll entspricht 2,54 Zentimetern



# 1 Einleitung

"Rund 90 Prozent der automobilen Innovationen finden heute bei Elektronik und Software statt" (Dirk Gulde, 2016, S. 3 in [GUL-16a]). Dabei handelt es sich einerseits um für den Kunden unsichtbare Elemente, wie Softwarelösungen für Assistenzsysteme, andererseits halten auch elektronische Neuerungen im Fahrzeuginnenraum Einzug. So ist seit einigen Jahren ein Trend zum Touchscreen in der Mittelkonsole zu erkennen [GUL-16a] (vgl. Kapitel 2.5.2).

Im Kontrast dazu stehen die Ergebnisse mehrerer Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Ablenkung des Fahrers durch im Automobil befindliche Elektronik und einer erhöhten Unfallgefahr feststellen [MÜC-06] (vgl. Kapitel 2.3). Darüber hinaus sind besonders Touchscreens während der Fahrt schwer zu bedienen und führen daher zu erhöhter Fahrerablenkung [PCW-14a, S.2] (vgl. Kapitel 1.1.2).

Die Möglichkeit, die Fahrerablenkung durch Verwendung eines hybriden Interface im Vergleich zu virtuellen Interfaces reduzieren zu können und so die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, begründet die Motivation dieser Arbeit. Ob dies mit dem entwickelten Interface möglich ist, soll in einer Studie ermittelt werden, in der es während einer Fahrsimulation bedient wird (Kapitel 4). Dabei wird die Ablenkung von der Primäraufgabe Fahren durch die Sekundäraufgabe Bedienung des Interface ermittelt. Der Versuch wird zu Vergleichszwecken auch mit einer virtuellen Version des Interface durchgeführt.

## 1.1 Motivation

Im folgenden Kapitel wird darauf eingegangen, welche Vorteile von Touchscreens eine Verwendung im Automobil begründen. Daraufgehend werden Nachteile derer als Interfaceelemente betrachtet und daraus die Motivation dieser Arbeit abgeleitet.

### 1.1.1 Vorteile des Touchscreens als Interface im Automobil

Sämtliche Vorteile des Touchscreens entstehen aus dem Fakt, dass das Eingabegerät zugleich das Anzeigegerät und mit dem Finger direkt bedienbar ist [MOO-11]. Dadurch wird das Auslösen einer Funktion vom Nutzer als natürlich empfunden [FOR-07, S. 647]. Eingaben erfolgen direkt auf dem Display. Eine unmittelbare Interaktion zwischen Mensch und Maschine bzw. Computer ist möglich. Dies ermöglicht eine direkte Rückkopplung der Eingabe des Nutzers und der Ausgabe des Systems, eine direkte Hand-Auge-Koordination bei der Eingabe und dadurch eine intuitive Bedienung des Systems. [VDE-3850, S. 10]

Diese Intuitivität der Bedienung lässt sich dadurch erklären, dass die Eingabetechnik über Berührungen eine für den Menschen natürliche Interaktion ist [ZÜH-12, S. 212 f.]. Dieser Umstand kann dazu führen, dass im Vergleich zu tastenbasierten Eingabemethoden der kognitive Bedienaufwand geringer ist [SHE-07, S. 170].

Aus Sicht der Automobilhersteller ist ein Touchscreen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten rentabel. Neben dem Touchscreen müssen nur wenige weitere Hardwarekomponenten vorhanden sein, wie z. B. Schalter für sicherheitsrelevante Funktionen. Die Anpassung an demographische, geographische und psychografische Anforderungen ist daraus folgend hauptsächlich softwarebasiert. Anpassungen, wie beispielsweise die Beschriftung von Bedienelementen und Anzeigen in verschiedenen Sprachen, finden dabei nur softwareseitig statt. Ein weiterer Vorteil der daraus erwächst, ist die kostengünstigere Individualisierung der Bedienelemente u. a. durch den Nutzer nach dem Kauf [ZÜH-12, S. 213].

Die Hardware – der Touchscreen – muss für diese Änderungen nicht in hohen Variantenzahlen produziert werden. Da sich so die Stückzahl von Gleichteilen erhöht und die Stückzahl von Variantenbausteinen sinkt, kann zu niedrigeren Kosten produziert werden. [ZÜH-12, S. 213]

Da durch den Einsatz von Touchscreens weniger Hardware verbaut werden muss, kann weniger Hardware ausfallen [VDE-3850, S. 10]. Dazu kommt, dass Touchscreens als modern gelten und besonders im Wettbewerb um junge Fahrer als Designmerkmal verwendet werden [PCW-14a, S. 1].

Als Folge der genannten Vorteile werden Touchscreens heute in den meisten Modellen führender Hersteller angeboten (u. a. VW, Toyota, Opel, Volvo, Jeep, Fiat, Renault, Dacia [PCW-14a, S. 1]).

### 1.1.2 Nachteile des Touchscreens als Interface im Automobil

Zu den Nachteilen bei der Verwendung von Touchscreens als Interface gehört die Verschmutzung bei der Bedienung in Form von Fingerabdrücken. Durch die Bedienung mit schmutzigen Fingern, Handschuhen oder ungeeigneten Gegenständen kann der Touchscreen darüber hinaus verkratzen. [VDE-3850, S. 11]

Die Bedienung eines Touchscreens mit Handschuhen ist beispielsweise bei den Android-Smartphones Samsung Galaxy S4 und Note 3 möglich, indem die Touch-Sensitivität erhöht wird [NEW-13]. Bei Handschuhen, die mit dickem Futter ausgestattet sind, werden Eingaben jedoch nicht mehr bzw. nur bei starkem Druck auf den Touchscreen erkannt.

Während die meisten Volumenhersteller dem Trend Touchscreen folgen, bieten die so genannten Premium-Hersteller wie Audi [AUD-16], BMW [BMW-16] und Mercedes-Benz [DAI-16] momentan nur klassische Displays in Kombination mit Dreh-Drück-Stellern in der Mittelkonsole an.

Gemäß [WAG-14] ist der Touchscreen im Automobil unergonomisch. Es sei für den Fahrer schwer, während der Fahrt mit ausgestrecktem Arm ein kleines Ziel auf einem weit entfernten Bildschirm zu treffen. [BRI-14] führt im selben Zusammenhang die Sicherheitsrelevanz der Blindbedienbarkeit an. Kritisiert wird dabei die anspruchsvolle Auge-Hand-Koordination, die zur Bedienung von Touchscreen-Interfaces notwendig sei. Die Vorteile einer Touchscreen-freien Lösung lägen darüber hinaus in der ergonomisch optimaleren Anordnung der Eingabeelemente und in der Vermeidung von Fingerabdrücken auf den Oberflächen, wie [FRO-14] betont. [PCW-14a, S.2]

Da im Luxussegment der Automobilbranche Sicherheit und Ergonomie wichtige Wettbewerbskriterien sind, verzichten die Automobilbauer auf den Technologiewechsel und optimieren stattdessen die vorhandenen Eingabemethoden wie den Dreh-Drück-Steller. Fahren ist hauptsächlich eine visuelle Aufgabe. Eine visuelle Ablenkung des Fahrers zieht sicherheitsrelevante Konsequenzen nach sich und soll daher vermieden werden. [PCW-14a, S.1-3]

Gängige Touchscreens weisen eine glatte Oberfläche ohne haptische Rückmeldung auf, weshalb der Nutzer auf optische oder [auch zusätzliche] akustische Rückmeldung angewiesen ist. Blindbedienung oder Bedienung in mobilen Situationen ist dadurch nur eingeschränkt möglich [VDE-3850, S. 11].

2006 führte ein Forschungsteam des George Institute for International Health gemeinsam mit der University of Western Australia eine Statistik über Unfallursachen. Das Ergebnis zeigte, dass 20 % aller betrachteten Verkehrsunfälle durch Ablenkung des Fahrers entstanden. Von diesen Verunfallten waren 69 % durch Elektronik im Wageninneren abgelenkt. [MÜC-06]

Es kann also geschlussfolgert werden, dass Ablenkung durch Bordelektronik für ca. 13,8 % der Verkehrsunfälle verantwortlich war (vgl. auch [LEE-09a, S. 33]).

2015 testete eine Studie des Allgemeinen Deutschen Automobilclubs (ADAC) das Reaktionsvermögen von Fahrern, die durch die Bedienung des Navigationssystems im Auto abgelenkt waren. Circa drei Viertel der Studienteilnehmer schafften es bei diesem Szenario nicht mehr, rechtzeitig vor einem plötzlich erscheinenden Hindernis zu bremsen. Die Aufprallgeschwindigkeiten lagen dabei zwischen 23 km/h und knapp 30 km/h. [CHI-15, S. 6 f.]

Durchschnittlich führen Fahrer alle sechs Minuten ablenkende Tätigkeiten aus. Die daraus entstehenden Fahrfehler umfassen plötzliches Bremsen, Übersehen von Verkehrsschildern und -signalen, das Nehmen falscher Abzweigungen und das Schwanken innerhalb der eigenen Fahrlinie [MÜC-06]. Als Folgerung aus diesen Betrachtungen entstehen die Anforderungen an neue Infotainment-Interfaces, die Ablenkung des Fahrers zu minimieren und Blindbedienung der häufigsten Handlungen zu ermöglichen. Der Trend zu Touchscreens in Automobilen wirkt dieser Überlegung entgegen. Die ablenkungsbedingten Unfallzahlen zu reduzieren und dabei die genannten Vorteile von Touchscreens zu nutzen begründet die Motivation dieser Arbeit.

## 1.2 Ziel der Arbeit

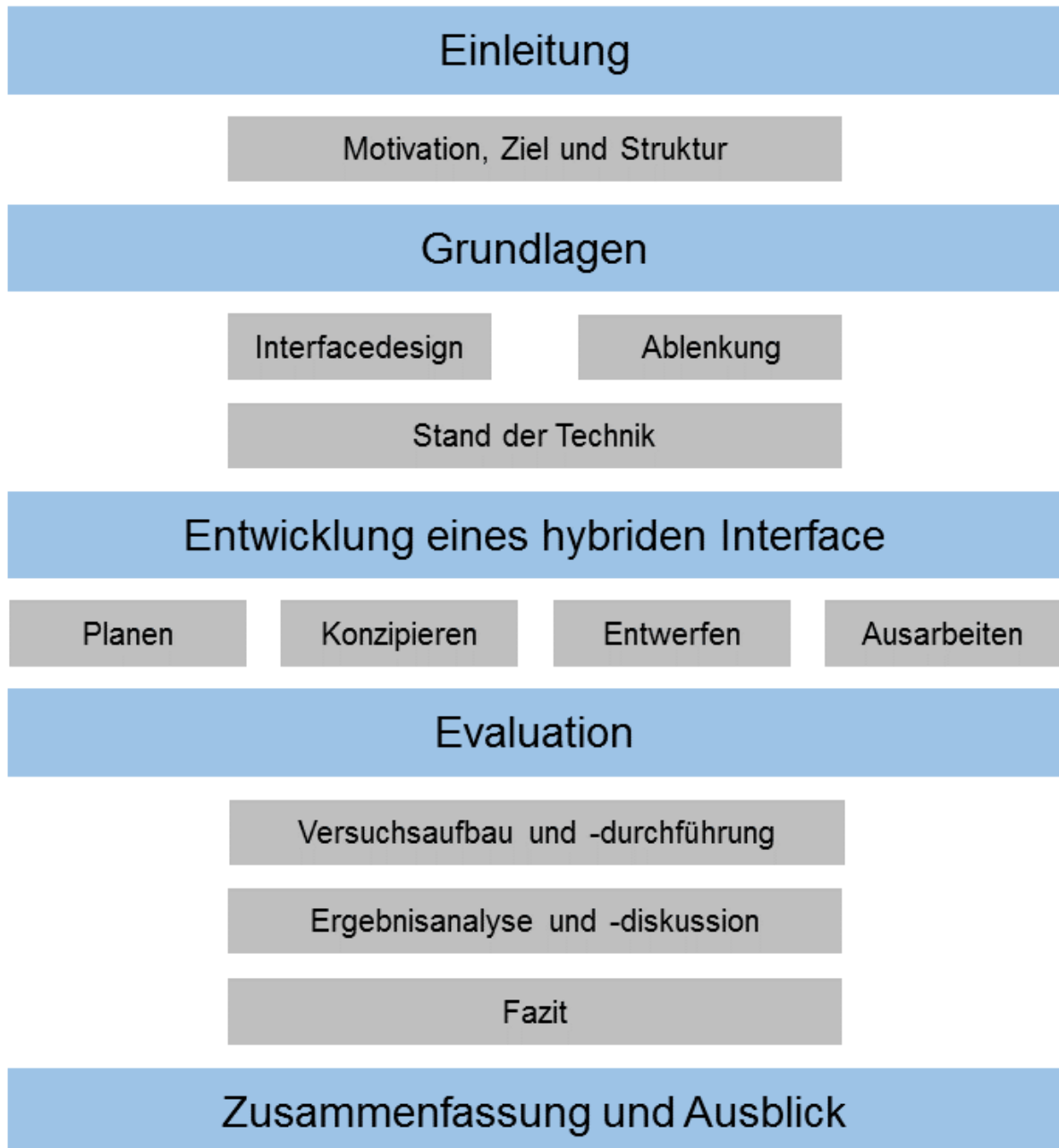
Ziel dieser Arbeit ist vor dem Hintergrund der in Kapitel 1.1 erklärten Motivation, die Entwicklung eines hybriden Interfaces für die Bedienung eines PKW-Infotainment-Systems. Dieses soll die Nachteile virtueller Interfaces in der genannten Anwendung reduzieren und gleichzeitig aus den Vorteilen größtmöglichen Nutzen generieren. Dazu sind Charakteristika virtueller und realer Interfaces in einem Interface zu kombinieren.

Das so konstruierte Interface soll die Ablenkung des Fahrers reduzieren bzw. die visuelle Ablenkung minimieren. Zum Test des Interface wird eine Studie entwickelt und durchgeführt werden, die die Fahrerablenkung bei Bedienung eines virtuellen und eines hybriden Interface miteinander vergleicht.

Die zentrale Fragestellung der Arbeit lautet letztendlich wie folgt: Ist die Ablenkung des Fahrers bei der Bedienung eines hybriden Interface während der Fahrt geringer, als bei der Bedienung eines virtuellen Interface? Die Analyse der Ergebnisse der durchzuführenden Studie soll diese Frage beantworten.

### 1.3 Struktur und Aufbau

Zur Erreichung dieses Zieles werden in dieser Arbeit zunächst Grundlagen zum Thema Interface (Kapitel 2.1), Interfacedesign (Kapitel 2.2) und Ablenkung behandelt (Kapitel 2.3). Darüber hinaus wird das Vorgehen nach VDI 2221 erläutert (Kapitel 2.4). Der Stand der Technik gibt einen Überblick über die momentan in der Forschung und auf dem Markt vorhandenen Technologien (Kapitel 2.5). Dabei werden einerseits automobiler Interfaces (konventionelle, reale Interfaces sowie virtuelle Interfaces, Kapitel 2.5.1 bzw. Kapitel 2.5.2) und andererseits bereits existierende hybride Interfaces vorgestellt (Kapitel 2.5.3 bis Kapitel 2.5.7). Für die Studie wird das Programm Lane Change Task verwendet, welches am Ende des Grundlagen-Kapitels erläutert wird (Kapitel 2.6). Der darauffolgende Hauptteil der Arbeit behandelt die Entwicklung eines hybriden Interface mit dem ein Infotainment-System im Auto bedient werden soll (Kapitel 3). Im Verlauf der Entwicklung entsteht dabei ein Prototyp, der im nächsten Abschnitt in einer Studie getestet wird (Kapitel 4). Dazu wird der hybride Prototyp einem virtuellen Pendant gegenübergestellt und bei der Bedienung beider jeweils das Verhalten und die Ablenkung des Fahrers betrachtet. Aus der Analyse der in der Studie gesammelten Werte soll eine Antwort auf die im Kapitel 1.2 gestellte Frage gefunden werden. Das Resultat wird im Schlussteil zusammengefasst (Kapitel 4.5). Das strukturelle Vorgehen ist in Bild 1.1 abgebildet. Die einzelnen Blöcke, die auch im vorangegangenen Text erläutert wurden, entsprechen dabei nicht zwingend den Kapitelüberschriften. Vielmehr soll ein Einblick in die Vorgehensweise bei der Durchführung dieser wissenschaftlichen Arbeit gegeben werden.



**Bild 1.1:** Struktur der Arbeit, eigene Darstellung

## 2 Grundlagen

Dieses Kapitel widmet sich der ausführlichen Erklärung von Begriffen, die für das Verständnis wichtig sind. Durch die Erläuterung der VDI 2221 und ihrer Anwendung in der Produktentwicklung wird die Vorgehensweise in Kapitel 3 begründet. Darauf folgend wird auf den Stand der Technik im Kontext des hybriden Interface allgemein und speziell in der Automobilindustrie eingegangen. Darüber hinaus wird anhand aktueller Automodelle gezeigt, wie die Ablenkung des Fahrers durch Bedienung des Infotainment-Systems minimiert werden kann. Die Vorstellung des Programms Lane Change Task bildet die Überleitung in das darauffolgende Kapitel 3, in welchem die vorgestellten Grundlagen zur Anwendung kommen.

### 2.1 Interface

[SEE-92] definiert die Produktgestalt als Kombination aus den Teilgestalten Aufbau, Form, Farbe und Grafik [SEE-92, S. 33]. Eine zusätzliche Unterteilung ist die Gliederung der Produktgestalt in Funktionsgestalt, Interfacegestalt und Tragwerkgestalt (vgl. [MAI-16g, S. 17] nach [SEE-92]). Daraus entsteht eine 3 x 4 Matrix (Tabelle 2.1).

	Funktionsgestalt (Fu)	Interfacegestalt (If)	Tragwerkgestalt (Tw)
Aufbau (A)	$A_{Fu}$	$A_{If}$	$A_{Tw}$
Form (Fo)	$Fo_{Fu}$	$Fo_{If}$	$Fo_{Tw}$
Farbe (Fa)	$Fa_{Fu}$	$Fa_{If}$	$Fa_{Tw}$
Grafik (Gr)	$Gr_{Fu}$	$Gr_{If}$	$Gr_{Tw}$

**Tabelle 2.1:** Produktgestalt-Matrix nach [MAI-16g, S. 17]

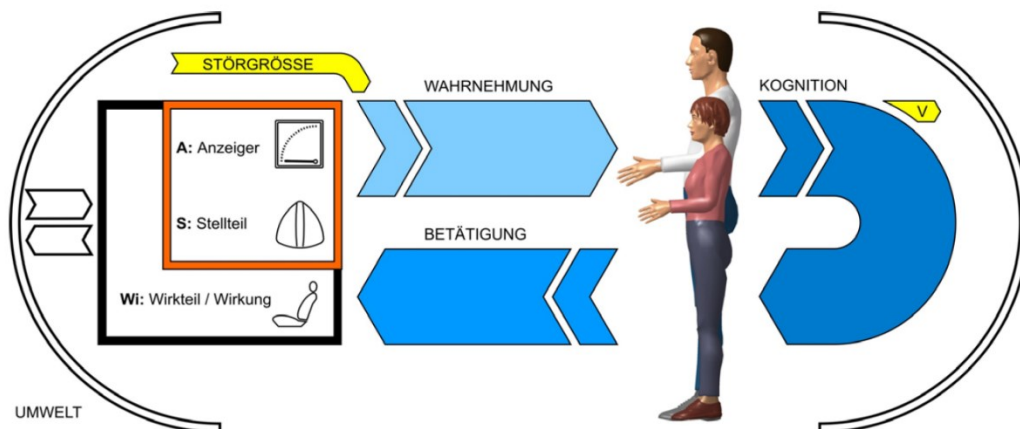
Der Aufbau entspricht der Anordnung von Objekten und "ergibt sich aus der Vereinigung von Aufbauelementen mit Aufbauordnungen" (Hartmut Seeger, 1992, S. 33 in [SEE-92]). Die Form als Merkmal oder Eigenschaft des Aufbaus ist die Geometrie der angeordneten Objekte. Das Versehen einer aufgebauten Form mit Farbton, -sättigung und -helligkeit wird Farbgebung genannt. Grafik ist der Oberbegriff für Schriften, Zeichen oder Marken, die auf der gefärbten und aufgebauten Form angeordnet werden. [SEE-92, S. 33]

Die Entwicklung der Produktgestalt setzt die Entwicklung der Teilgestalten voraus. Der Lösungsprozess lässt sich auf zwei verschiedene Varianten gestalten. Spaltenmäßig werden nacheinander komplett Funktionsgestalt, Interfacegestalt und zuletzt Tragwerkgestalt entwickelt. Zeilenmäßig werden die drei zuvor genannten Teilgestalten jeweils zunächst in Aufbau, dann in Form, Farbe und zuletzt in Grafik umgesetzt. [SEE-92] Sind Funktions- und Tragwerkgestalt vorgegeben, verbleibt nur die Möglichkeit, die Interfacegestalt spaltenmäßig in der Reihenfolge Aufbau, Form, Farbe und Grafik zu gestalten



[MAI-16b, S. 28]. Die Tragwerkgestalt gewährleistet die Position der Funktionsbaugruppen und Gestalt unter Last, während die Funktionsgestalt das Wirkprinzip des Produktes beinhaltet [MAI-16h, S. 12, 21].

Ein User Interface kann als die Erscheinung und das Verhalten eines Informationssystems (z. B. das einzige Teil eines Computers, mit dem ein Nutzer interagiert) beschrieben werden [LIF-98, S. 3]. Der Begriff User Interface (UI) wird in der Literatur häufig synonym mit dem Begriff Graphical User Interface (GUI) verwendet und bezieht sich auf die grafische Benutzeroberfläche eines Computers [GAL-97, S. 13]. Obwohl diese Definition im Hinblick auf virtuelle Interfaces zutrifft, ist für ein reales (und somit auch für ein hybrides) Interface die Betrachtung des Interface als Bediengestalt (und nicht als graphische Schnittstelle) für die Definition des Begriffs zutreffender. Der Begriff Bediengestalt wird von [SEE-92] wie folgt definiert: „Die Art und Anzahl der Bedienungselemente (Anzeigen und Stellteile) [...] und ihre Anordnung auf einem Armaturenbrett, Instrumententräger u. a.“ Hartmut Seeger, 1992, S. 146 in [SEE-92]. [MAI-16h] definiert den Interface-Begriff als die "Art und Anzahl der Stellteile und Anzeigen [und ihre] Anordnung auf einem Tragwerk" Thomas Maier, 2016, S. 76 in [MAI-16h]. Wie dem Basisschema (Bild 2.1) zu entnehmen ist, findet die Interaktion von Mensch und Maschine über ein Interface mittels Wahrnehmung und Betätigung statt.



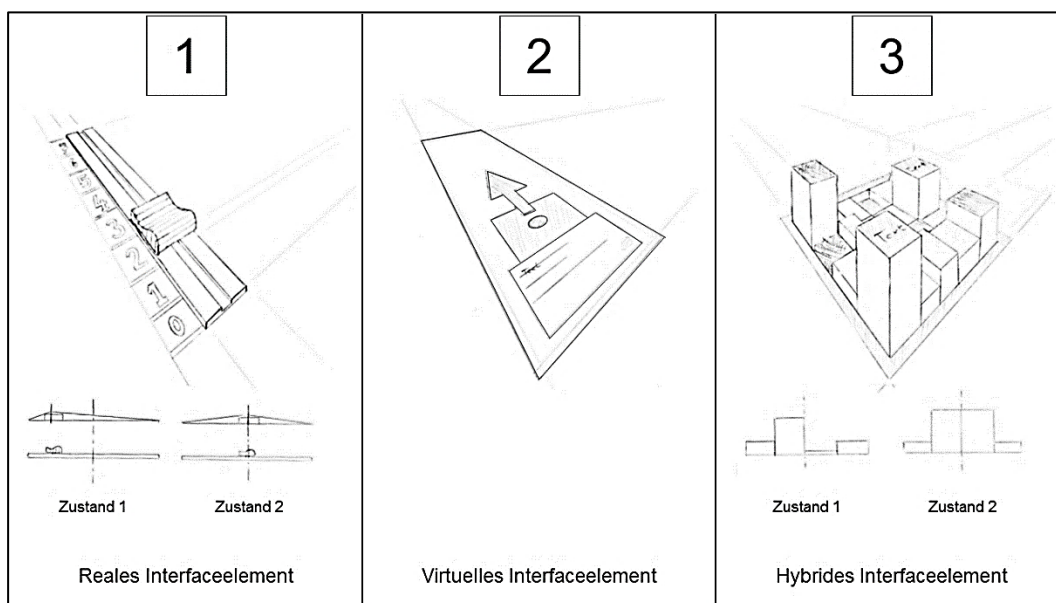
**Bild 2.1:** Basisschema Mensch-Maschine-Interaktion [SCH-15a, S. 9]

Wahrnehmung geschieht über sensorische Aufnahme von Information (visuell, akustisch, haptisch, olfaktorisch und gustatorisch [KUN-04, S. 197]) durch den Menschen. Betätigung entspricht einer Einflussnahme auf das Produkt über ein Stellteil (vgl. [MAI-16h, S. 72, 76-77]). Kognition fasst die Verwertung und Speicherung der aufgenommenen Informationen zusammen. Eine Betätigung wird als Reaktion auf die kognitiv verarbeitete Wahrnehmung ausgeführt. [MAI-16h, S. 72]

Die Interfacegestalt lässt sich nach [SCH-15a, S. 13] unterteilen in:

- Interfacesystem (Interface), als die Summe aller Interfacemodule
- Interfacemodul, als die Summe aller zugehörigen Interfaceelemente
- Interfaceelemente, in Form von Stellteilen und Anzeigeelementen

Interfaceelemente sind die kleinsten Bestandteile eines Interface, die ohne weitere Komponenten mindestens entweder den Zweck eines Stellteils oder einer Anzeige erfüllen können (vgl. [SCH-15a, S. 13]). In dieser Arbeit werden in Anlehnung an [MAI-16b, S. 33] Interfaceelemente in reale, virtuelle und hybride Interfaceelemente unterschieden. Diese Begriffe werden im Folgenden erläutert und definiert. Beispiele für die drei unterschiedlichen Arten von Interfaceelementen sind Bild 2.2 zu entnehmen.



**Bild 2.2:** Reales (1), virtuelles (2) und hybrides (3) Interfaceelement; eigene Darst.

Reale Interfaceelemente können manuell betätigt werden [MAI-16b, S. 46-47]. Eine Änderung von Anordnung, Farbe oder Grafik ist ohne Umbau nicht möglich. Die Form ist jedoch veränderlich. Ein Beispiel für ein reales Interfaceelement ist ein Schieberegler. Die Form des Reglers (hier die Symmetrie und Gesamtgeometrie) ist veränderlich. Aufbau (Schlitten in Schiene), Farbe und Grafik sind unveränderlich (Bild 2.2 (1)). Kombiniert man den Regler (Stellteil) mit einer Skala (Anzeige), die beide reale Elemente sind, erhält man ein reales Interfacemodul.

Ist die Änderung von Farbe und Grafik möglich, handelt es sich um ein virtuelles Interfaceelement, sofern die Eingabe auf derselben Fläche erfolgt, auf der auch die Anzeige erfolgt [MOO-11]. Ein Touchscreen ist Beispiel für ein virtuelles Interfaceelement (Bild 2.2 (2)) [DUD-16f]. Virtuelle sind nicht mit digitalen Interfaceelementen, wie Displays bzw. Monitore, gleichzusetzen. Diese können einzig den Anwendungszweck eines Anzeigers,

nicht aber eines Stellteiles erfüllen. Für eine Eingabe ist ein weiteres Interfaceelement, wie Joystick, Maus oder Schieberegler nötig. Beispiele hierfür sind Computer mit Maus, Tastatur und Monitor sowie der Dreh-Drück-Steller im PKW in Kombination mit einem Display (vgl. Kapitel 2.5.1).

Ein hybrides Interfaceelement vereint die Eigenschaften von realen und virtuellen Interfaceelementen. Es sind Form, Farbe und Grafik veränderlich. Im Beispiel sind Quader in einem Rahmen einzeln in der Höhe veränderlich. Die Oberseiten der Quader sind Displays, auf deren Oberseite Farbflächen oder Text angezeigt werden können. Der Aufbau (Quader in Rahmen) ist unveränderlich. Die Form (Geometrie und Symmetrie) ist ebenso wie Farbe und Grafik veränderlich (Bild 2.2 (3)). Eine Kombination mehrerer Interfaceelemente, die in Bezug auf eine zielgerichtete Mensch-Maschine-Interaktion als Gruppe zusammengefasst werden können, wird als Interfacemodul bezeichnet [SCH-15a, S. 13].

Für Kombinationen von Interfaceelementen gilt die Unterscheidung in reale, virtuelle und hybride Interfacemodule (Tabelle 2.2).

Bezeichnung	Beschreibung
Reale Interfacemodule	Ausschließlich reale Elemente (vgl. [SCH-15a, S. 13])
Virtuelle Interfacemodule	Ausschließlich virtuelle Elemente (vgl. [SCH-15a, S. 13])
Hybride Interfacemodule	Kombination realer und virtueller Elemente (vgl. [ISR-12, S.41-43] und [DUD-16a]), können hybride Elemente beinhalten

**Tabelle 2.2:** Kombinationen von Interfaceelementen zu Interfacemodulen  
(vgl. [SCH-15a, S. 13], [ISR-12, S.41-43] und [DUD-16a])

Ein hybrides Interfacesystem (Interface) ist als Folgerung aus den obigen Grundlagen zu definieren als: Eine Summe mindestens zweier unterschiedlicher Interfacemodule (realer, virtueller und/oder hybrider Art). [ZÜH-12] beschreibt solcherlei Interfaces, die mehrere Anzeige- und Bedienmöglichkeiten in sich vereinen, auch als Multimodale Interfaces [ZÜH-12, S. 227-229]. An dieser Definition für ein hybrides Interface orientiert sich auch die Entwicklung des Prototyps in dieser Arbeit.

## 2.2 Interfacedesign

In diesem Kapitel wird eine Auswahl formaler Methoden und Richtlinien des Interfacedesigns vorgestellt.

### 2.2.1 Usability-Eigenschaften

Usability (dt. Gebrauchstauglichkeit oder Bedienbarkeit) wird in der DIN EN ISO 9241-11 als "das Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden können, um festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen" [ISO-9241, S. 7] definiert. Die im Folgenden vorgestellten fünf Eigenschaften (Tabelle 2.3) bilden nach Ahn ein Design-Framework (siehe auch Kapitel 2.2.2) für die Entwicklung eines Interface [AHN-06, S. 22-27], zitiert nach [TNL-13].

Eigenschaft	Beschreibung
Vertrautheit (Familiarity)	Ein Interface soll möglichst so designt werden, dass die Funktionsweise des neuen Interface dem Nutzer bereits aus anderem Kontext bekannt und auf die Anwendung übertragbar ist (vgl. Research-Phase des Goal-Directed Design in Kapitel 2.2.2 sowie [GAL-97, S. 81] bzw. Kapitel 2.2.4). Es gilt dabei, die Erwartung des Nutzers bezüglich der Interaktionsmöglichkeiten mit dem Interface zu antizipieren und zu bestätigen. Mindestens sollte die Bedienung des Interface dieser Erwartung nicht widersprechen.
Beständigkeit (Consistency)	Nutzer erwarten (s.o.), dass sich die Art der Bedienung innerhalb eines Interface nicht ändert. Ist beispielsweise das Menü eines Computer-GUI auf dem Startbildschirm in der unteren linken Ecke platziert, sollte es auch bei der Benutzung von Programmen (evtl. von Drittanbietern) dort zu finden sein.
Verallgemeinerbarkeit (Generalizability)	Als Weiterführung des Beständigkeit-Prinzips sollen die am häufigsten genutzten Elemente, mit denen der Nutzer bereits vertraut ist, in jeder Ansicht eines Programmes zu finden sein.
Berechenbarkeit (Predictability)	Ein Interface soll in erster Linie so reagieren, wie der Nutzer es erwartet. Da verschiedene Nutzer verschiedene Erwartungen an ein Interface haben, ist dies nicht für jeden Nutzer ideal umzusetzen.
Einfachheit (Simplicity)	Da die oben genannten Prinzipien mit steigender Komplexität des Interface schwerer zu erfüllen sind, ist ein möglichst einfaches Interface zu empfehlen. Als formale Richtlinie bieten sich die formalen Qualitäten nach Galitz an (Kapitel 2.2.4).

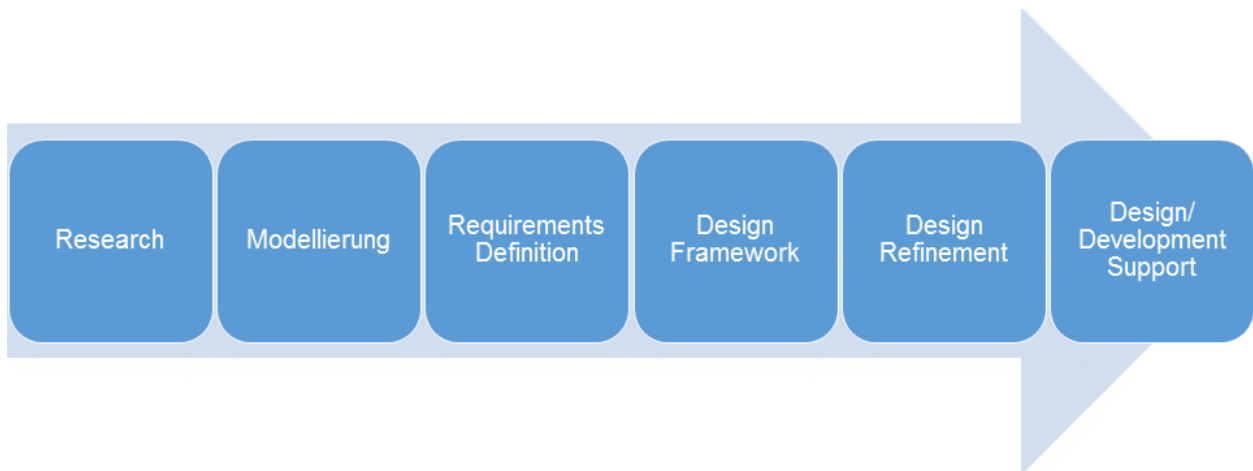
**Tabelle 2.3:** Usability-Eigenschaften nach [AHN-06, S. 22-27], zitiert nach [TNL-13]

## 2.2.2 Goal-Directed Design

Mit Goal-Directed Design kann eine hohe Usability und somit eine hohe Nutzerzufriedenheit erreicht werden, indem auf Kundenwünsche und -erwartungen gezielt eingegangen wird. Es handelt sich dabei um ein leistungsstarkes Tool, das Antwort auf die zentralen Fragen des kundenorientierten Designs geben soll [COO-10, S.54-55]:

- Wer sind die Nutzer des späteren Produktes?
- Was wollen diese Nutzer erreichen?
- Wie denken sie über das, was sie erreichen wollen?
- Wie soll sich mein Produkt verhalten?
- Welche Form sollte mein Produkt haben?
- Wie wird der Nutzer mit meinem Produkt interagieren?
- Wie können die Funktionen meines Produktes am effizientesten organisiert werden?
- Wie stellt sich mein Produkt einem Erstanwender vor?

Der Prozess des Goal-Directed Designs besteht prinzipiell aus 6 Phasen (Bild 2.3), die in weitere Teilaktivitäten unterteilt werden können [COO-10, S. 49-54].



**Bild 2.3:** 6 Phasen des Goal-Directed Designs; nach [COO-10, S. 49-54]

Zu Beginn des Design-Prozesses werden in der Research-Phase Verhaltensmuster der späteren Nutzer sowie Designziele mittels ethnografischer Techniken (z. B. Beobachtung und kontextuelle Interviews) identifiziert. In der darauffolgenden Modellierungs-Phase werden aus den Ergebnissen der Research-Phase Nutzer-Modelle (auch "User-Modelle" oder "Personas") synthetisiert. Daraus werden weitere Designziele, die hierarchisch geordnet werden, hergeleitet. Während der Requirements Definition werden Designmethoden vor dem Hintergrund angewendet, die Ziele und Bedürfnisse der Nutzer(-Modelle) zu erfüllen. Die Interfacekonzepte werden mittels Konfrontation mit den in der vorigen Phase entwickelten Nutzer-Modellen analysiert (simulierter "Tag im Leben" eines Nutzers). Im

Design Framework werden die anzuwendenden (Design-)Richtlinien für die folgende Produktentwicklung festgelegt (Designrahmen). Das Herausarbeiten der Details und Implementierungsvarianten findet während des Design Refinement statt. Gleichzeitig findet eine Kontrolle durch die simulierte Anwendung des Interface durch die Nutzer-Modelle statt. In der letzten Phase, dem Design- bzw. Development Support werden Entwickler in den nachfolgenden Phasen der Produktentwicklung beim Ausarbeiten und Umsetzen der finalen Implementierungsvariante unterstützt.

### **2.2.3 Paper Prototyping**

Testprozeduren, die die Usability eines Produktes bewerten, werden unter dem Begriff Usability-Testing zusammengefasst. Paper Prototyping ist eine Variation des Usability-Testing, bei der Testpersonen mit einer Papier-Version des Interface interagieren. Dabei werden die Reaktionen des Interface von einer Person umgesetzt, die die Rolle des Computers übernimmt. [SNY-04, S-4]

Aus Paper Prototyping entstehen Erkenntnisse hinsichtlich Touch-Steuerung, die mit einer Maus auf einem Computerbildschirm nicht möglich wären, da sich beide Interaktionsmethoden in ihrer Direktheit unterscheiden. Während mit dem Mauszeiger auf dem Bildschirm zunächst nach eindeutig als interaktiv gekennzeichneten Flächen gesucht wird, beruht die Eingabe mittels eines Touchscreens darüber hinaus auf Swipe- und Pinch-to-Zoom-Gesten. Diese können beim Paper Prototyping ausgeführt werden, woraufhin die aus Papier gefertigte Oberfläche (z. B. durch Auflegen neuer Papierflächen) angepasst und verändert werden kann, um eine Reaktion auf die Eingabe zu simulieren.

### **2.2.4 Formale Qualitäten nach Galitz**

Im Rahmen der Prototypenerstellung wird die visuell ansprechende zugunsten einer simplen und mit dem verwendeten Programm umsetzbaren Gestalt zurückgestellt. Laut [GAL-97] ist es jedoch möglich, beide Gestaltungsanforderungen gleichzeitig zu erfüllen, indem bei der Gestaltung des Interface visuell ansprechende Anordnungen mit den folgenden Qualitäten umgesetzt werden: Balance, Symmetrie, Regelmäßigkeit, Vorhersagbarkeit, Sequenz, Ökonomie, Einheit, Proportion, Simplizität sowie Gruppierung [GAL-97, S. 98]. Positiv- und Negativbeispiele für die Umsetzung dieser Qualitäten sind im Anhang zu finden (Kapitel 7.1).

### 2.2.5 Anordnung eines Touchscreens nach Zühlke

[ZÜH-12] definiert in Anlehnung an VDI/VDE 3850 Blatt 3 und DIN EN ISO 9241 einige Empfehlungen für den Einsatz von Touchscreens in Mensch-Maschine-Systemen (sofern nicht anders angegeben nach [ZÜH-12, S. 217-221]): Der Einbau des Displays hat bündig mit einer eventuellen Gehäuseoberfläche zu erfolgen, um Verschmutzungen zu vermeiden und eine leichte Reinigung zu ermöglichen. Fehlbedienung durch Aufstützen von Handkante, Fingergelenk o.ä. auf dem Display kann durch das Vorsehen einer teilweisen Deaktivierung der Touch-Funktionalität vermieden werden. Das Display ist so stabil einzubauen, dass auch bei stärkeren Druck durch den Nutzer keine Schwingungen oder Verschiebungen auftreten können. Das Display sollte im Greifraum des Nutzers angeordnet sein. Die Bedienung soll ermüdungsfrei erfolgen können (z. B. durch Armauflage) (in Anlehnung an [BUL-94, S. 204]). Bei Visualisierungspriorität ist eine Anordnung der Displayfläche parallel zur Lotrechten vorzusehen. Bei Bedienpriorität ist die Displayfläche in Ellenbogenhöhe und geneigt anzubringen. Der Blickwinkel auf das Display sollte optimal 90° betragen, um Reflektionen zu vermeiden. Spiegelungen und Parallaxen sind unter anderem dadurch zu vermeiden. Eine hohe Auflösung reduziert die Fehleranfälligkeit bei der Bedienung gegenüber einer niedrigeren Auflösung. Alphanumerische Eingaben sollten über ein externes (reales) Eingabeelement möglich sein. Bei kleinem Wertebereich können Zeichen (Zahlen, Buchstaben) über Dreh-Drück-Steller oder über Pfeiltasten zur Erhöhung bzw. Reduzierung des Wertes eingegeben werden. [ZÜH-12, S. 217-221]

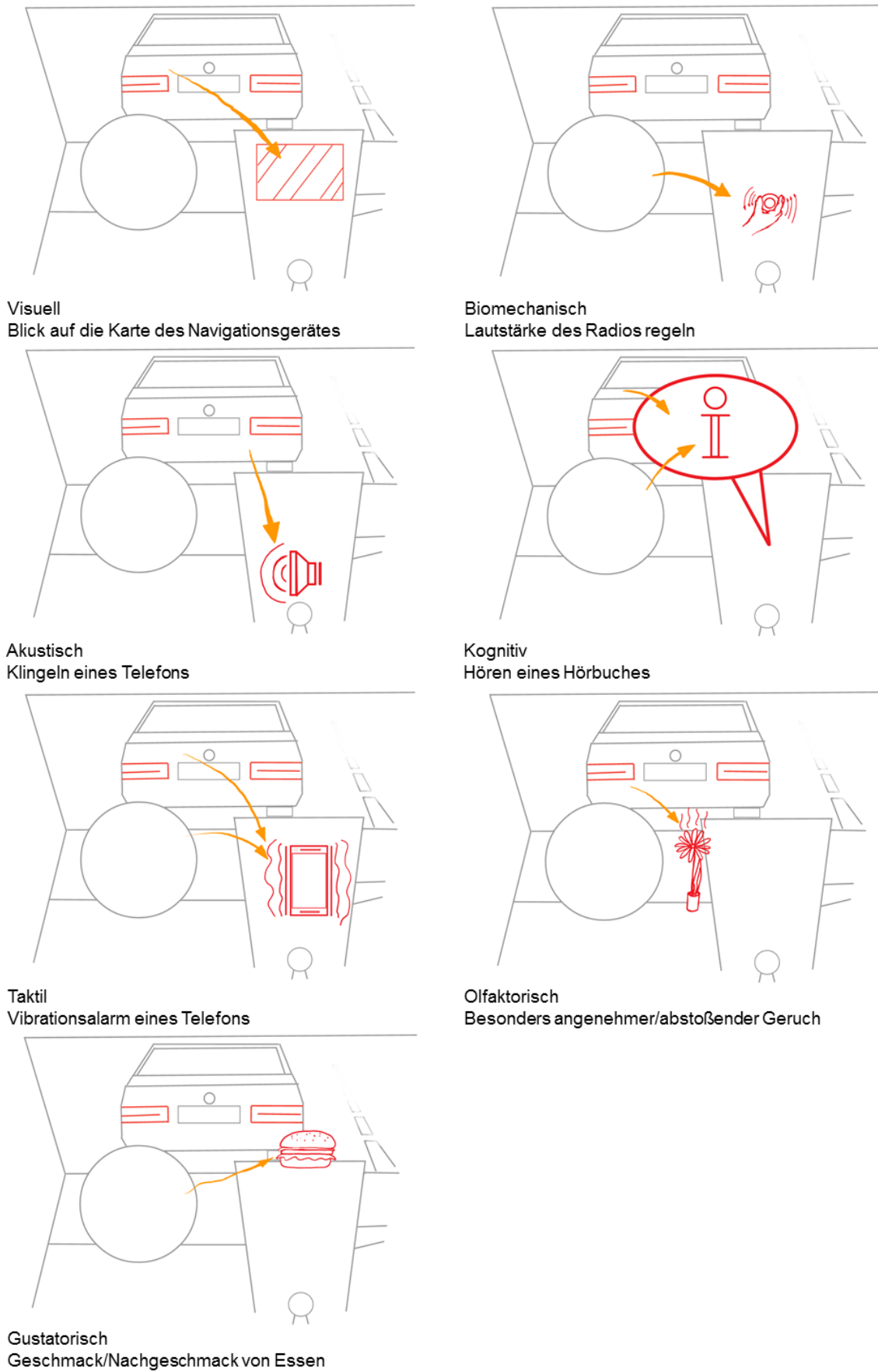
Weitere "spezielle Gestaltungsrichtlinien für Touchscreens" sollen die Gestaltung eines ergonomischen Bediensystems auf Touchscreen-Basis erleichtern: Die "Ruhestellung" ist (für Rechtshänder) im rechten unteren Bildschirmquadranten und ca. 8 cm von der Oberfläche entfernt zu finden. Die "Informationsfläche" muss größer gleich der Fingerfläche des Bedieners sein, sodass bei Eingaben diese Fläche nicht vollständig verdeckt wird. Beschriftungen von Schaltflächen im oberen Randbereich der Felder werden empfohlen, sodass diese bei der Bedienung nicht verdeckt werden. "Globale Funktionen und maximal die Navigationsfunktionen der ersten Menüebene können durch Bildzeichen beschriftet werden" [ZÜH-12, S. 221]; in tieferen Menüebenen und bei seltener verwendeten Funktionen tragen Symbole stärker als Beschriftungen zur Verwirrung des Nutzers bei. Nach Ellis & Dewar, 1979 (in [GAL-97, S-15]) können Symbole schneller als Text wahrgenommen werden. Dieser Umstand tritt jedoch erst nach einer Lernphase ein, wenn die Funktionen den Symbolen kognitiv zugeordnet wurden (vgl. hierzu auch [DEH-81, S. 29]). Helle Hintergrundfarben sind bei der Gestaltung der Grafik zu bevorzugen, da Fingerabdrücke und Reflexionen so weniger sichtbar sind. [ZÜH-12, S. 217-221]

## 2.3 Ablenkung

Das Wort Ablenkung wird im Duden physikalisch als Änderung der Richtung einer Welle oder eines Körpers bzw. psychologisch als Zerstreuung in Form von Abwechslung definiert [DUD-16b]. Der Gebrauch des Begriffs als aktive oder passive Konzentrationsstörung ist unter dem Stichwort Ablenkung im Duden nicht zu finden. Über das Synonym Distraction (veraltet) wird auf die Herkunft des Begriffs aus dem Lateinischen (distrahere = auseinanderziehen, zerstreuen [FRA-16a] bzw. distractio = Trennung, Zwiespalt [FRA-16b]) verwiesen [DUD-16c]. Die englische Variante des deutschen Wortes Distraction findet als distraction (etwas das eine Person davon abhält, sich auf etwas Anderes zu konzentrieren) im allgemeinen Sprachgebrauch Verwendung [OXF-16a]. Die Verbform to distract wird im Oxford Dictionary wie folgt definiert: Einerseits jemanden von der Konzentration auf ein Objekt (oder eine Tätigkeit) abzuhalten, andererseits die Aufmerksamkeit oder Konzentration von einem Objekt (oder einer Tätigkeit) auf ein anderes Objekt (oder eine andere Tätigkeit) umzuleiten [OXF-16b]. [BEC-11] überträgt die englische Definition von distraction wie folgt ins Deutsche: "Ablenkung [ist] ein äußerer Reiz, der die Aufmerksamkeit auf sich zieht" (H. Häcker, 2009, S. 10 in [HÄC-09] zitiert nach [BEC-11]). In dieser Arbeit ist Ablenkung allgemein wie folgt definiert: Die Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus weg von einer Tätigkeit hin zu anderen Tätigkeiten oder Objekten wird Ablenkung genannt. Werden zwei oder mehrere Tätigkeiten gleichzeitig ausgeführt, so wird Ablenkung als die Aufmerksamkeitsverschiebung weg von der Haupttätigkeit hin zu anderen Tätigkeiten oder Objekten als Ablenkung bezeichnet (vgl. [REG-09, S. 3]).

Diese Definition basiert auch auf der Definition für Fahrerablenkung von [REG-09]: Die Verschiebung der Aufmerksamkeit weg von Aufgaben oder Aktivitäten, die für das sichere Fahren wichtig sind, hin zu einer konkurrierenden Aufgabe oder Aktivität [REG-09, S. 3]. In dieser Definition ist Ablenkung demnach an eine gleichzeitig durchgeführte Nebenaufgabe gebunden [HEM-14, S. 15]. Fahrerablenkung kann durch selbst-initiierte (als aktive Entscheidung des Fahrers) oder extern-initiierte Aufgaben (z. B. eingehender Telefonanruf) ausgelöst werden [HEM-14, S. 16]. Selbst-initiierte Aufgaben haben trotz gleich großer Ablenkungsgefahr potentiell geringere Auswirkungen auf das Fahrverhalten, da sie durch den Fahrer selbst in die Fahrsituation eingeplant werden können. Die Fahrerablenkung durch eine Nebentätigkeit kann nach [RAN-01] in vier Kategorien eingeteilt werden: Visuelle, biomechanische, akustische und kognitive Ablenkung [RAN-01, S. 16, 17]. Diese Kategorien werden von [REG-11] um taktile, olfaktorische und gustatorische Ablenkung ergänzt [REG-11, S. 16]. In Bild 2.4 sind die Kategorisierungen visualisiert und anhand jeweils eines Beispiels verdeutlicht.





**Bild 2.4:** Ablenkungskategorien; eigene Darst. i. A. a. [RAN-01], [REG-11]

Die meisten Tätigkeiten im Fahrzeug beinhalten gleichzeitig mehrere Ablenkungskategorien. Die Eingabe einer Adresse in das Navigationsinstrument beinhaltet beispielsweise neben der visuellen und kognitiven Ablenkung zusätzlich biomechanische Ablenkung. "Es lässt sich durch Versuche nachweisen, dass der Mensch zu deutlich niedrigeren Fehlerraten in der Bedienung technischer Geräte kommt, wenn sich ergänzende und teilweise redundante Reize über mehrere Sinneskanäle aufgenommen werden" Detlef Zühlke, 2012, S. 21 in [ZÜH-12]. Eine Kombination aus visueller, haptischer und akustischer Rückmeldung bei der Bedienung eines Interface verkürzt dementsprechend die Reaktionszeit und erhöht die Wahrnehmungsleistung des Nutzers [PFE-07]. Die Wahrnehmungsleistung hängt von den beim Menschen ankommenden Reizen in physischer Form ab, die von Rezeptoren aufgenommen und zum Gehirn weitergeleitet werden. In bit/s ausgedrückt ergibt sich folgende Rangfolge nach [KUN-04, S. 197]:

- Visuell ca.  $10^7$  bit/s
- Akustisch ca.  $10^6$  bit/s
- Haptisch ca.  $4 \cdot 10^5$  bit/s
- Olfaktorisch ca. 20 bit/s
- Gustatorisch ca. 13 bit/s

Demzufolge könnte die vollständige Aufnahme einer Information durch den Menschen bei gleicher Qualität der Information visuell am schnellsten geschehen. Haptisch würde die Aufnahme 25-mal so lange dauern. Es ist bei der Verwendung mehrerer Wahrnehmungskanäle zur Verringerung der Fehlerquote darauf zu achten, dass dies auch die Ablenkung durch mehrere Ablenkungskategorien zur Folge hat. Menschen sind echten Multitaskings nicht fähig. Je intensiver Menschen sich bemühen, mehrere Aktionen die Konzentration erfordern gleichzeitig auszuführen, desto weniger können sie auswählen, was ihr Arbeitsgedächtnis speichert und desto stärker steigt die Fehlerquote [OPH-09, S. 15587]. Dieser Umstand führt dazu, dass bei der gleichzeitigen Ausführung einer Primär- und einer Sekundäraufgabe die jeweilige Leistung sinkt [OPH-09, S. 15584]. Bei zunehmender Aufgabenzahl wird dieser Effekt verstärkt [OPH-09, S. 15585]. Wird dies auf die Primäraufgabe Fahren und die gleichzeitige Ausführung einer Sekundäraufgabe bezogen, bedeutet dies immer eine Ablenkung des Fahrers von seiner Primäraufgabe. Der Effekt tritt auch dann auf, wenn die Sekundäraufgabe nicht zur visuellen Ablenkung beiträgt. [LEE-09b, S. 47]

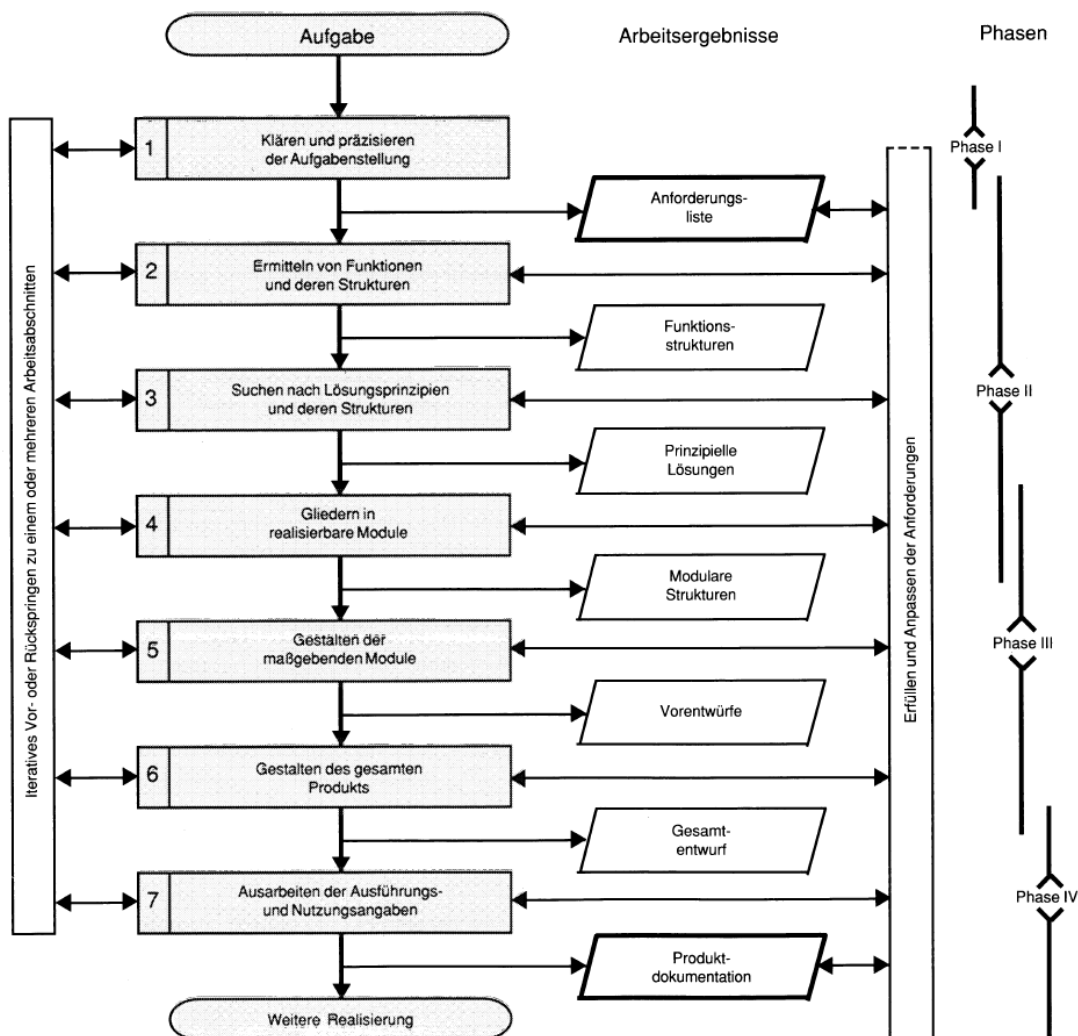
Insofern tragen auch Bedienelemente, die blind bedient werden könnten, zur Ablenkung des Fahrers bei. Nach [LEE-09b, S. 49] und [VIC-09, S. 143 f] sind neben der Art der Ablenkung die Ablenkungsdauer und die Ablenkungshäufigkeit dafür ausschlaggebend, welchen Effekt die Ablenkung auf den Fahrer hat (Kapitel 3.1.3). In wieweit die Bedienung eines Interface ablenkend ist, hängt auch von der Vertrautheit des Nutzers mit der Art der Bedienung ab. Mit fortschreitender Zeit der Benutzung tritt ein Lerneffekt, vergleichbar mit der Erfahrungskurve (vgl. [BAU-15, S. 11], zitiert nach [HIE-91]), auf. Durch den Lernvorgang kann die Bedienung des Interface schneller, sparsamer (weniger Kontrollblicke notwendig) und qualitativ besser (weniger Fehleingaben) erfolgen (vgl. [BAU-15, S. 17]).

## 2.4 Vorgehen nach VDI 2221

In Anbetracht des aktuellen Stands der Technik soll als Ziel dieser Arbeit ein konzeptuelles hybrides Interface entwickelt werden. Dabei orientiert sich das Vorgehen zur Entwicklung dieses Konzeptes an der VDI 2221. Die Richtlinie VDI 2221 ist als Leitlinie für ein branchenunabhängiges Vorgehen in der praktischen methodischen Produktentwicklung definiert [VDI-2221, S. 2]. Der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess wird in Arbeitsabschnitte und deren Arbeitsergebnisse unterteilt (Bild 2.5). Der gesamte Prozess wird darüber hinaus in vier Phasen bzw. Teilschritte, die einander partiell überlagern und ergänzen, gegliedert:

### Phasen der methodischen Produktentwicklung nach VDI 2221:

- Planen (Phase I)
- Konzipieren (Phase II)
- Entwerfen (Phase III)
- Ausarbeiten (Phase IV)



**Bild 2.5:** Methodische Produktentwicklung nach [VDI-2221, S. 9]

Entlang sämtlicher Phasen und innerhalb aller Arbeitsabschnitte ist die Entwicklung und Beurteilung mehrerer Lösungsvarianten möglich. Daneben ist ein starres Ablaufen der Arbeitsschritte nacheinander nicht sinnvoll. Vielmehr unterstützt ein Zurückspringen auf vorige Abschnitte eine Optimierung des zu entwickelnden Produktes. Daher sind Korrekturschleifen wie z. B. der Demingkreis (Plan-Do-Check-Act) und stetige Abstimmung u. a. mit der Anforderungsliste zu empfehlen [FRI-03, S. 2-5].

### **2.4.1 Planen**

In Phase I der methodischen Produktentwicklung nach VDI 2221 fällt der Arbeitsabschnitt 1: Klären und präzisieren der Aufgabenstellung. Dieser beinhaltet das Zusammenfassen und Ordnen aller verfügbarer Informationen zu Anforderungen sowie das Formulieren der Aufgabenstellung aus der Perspektive des Konstrukteurs. Das Arbeitsergebnis dieses Arbeitsabschnittes ist die Anforderungsliste. Die Anforderungsliste ist definiert als die "Liste der Anforderungen für alle folgenden Arbeitsabschnitte". Sie kann im Laufe der Produktentwicklung ergänzt und angepasst werden. [VDI-2221, S.10]

Die Anforderungsliste wird unter anderem aus einem Lastenheft generiert. Ein Lastenheft wird vom internen oder externen Auftraggeber angelegt und ist häufig formlos bzw. als Fließtext verfasst. Es enthält alle Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferungen und Leistungen des Auftragnehmers innerhalb eines Auftrags [PON-11, S.40].

Zusätzlich zur Anforderungsliste kann auch ein Pflichtenheft erstellt werden. Dieses wird vom Auftragnehmer erstellt und enthält konkrete Realisierungsvorgaben [PON-11, S. 40]. Es enthält mindestens die konkretisierten Anforderungen des Lastenhefts und wird durch interne Anforderungen ergänzt.

Eine Anforderung besteht aus einem Merkmal und einer zugehörigen Ausprägung [PON-11, S.39]. So kann eine Anforderung an ein Produkt beispielsweise lauten: Drehmoment maximal 20 Nm. Dabei ist das Merkmal das Drehmoment und die Ausprägung 20 Nm.

### **2.4.2 Konzipieren**

Phase II beginnt mit der Anforderungsliste und hat zum Inhalt, aus dieser die erforderlichen Funktionen des zu entwickelnden Produktes zu ermitteln (entspricht Arbeitsabschnitt 2). Dazu gehören die Gesamtfunktion und die wesentlichen Teilfunktionen des Produktes. Bei einfachen Produkten ist eine Verknüpfung derer zu Funktionsstrukturen nicht notwendig. Dementsprechend ist das Arbeitsergebnis des Arbeitsabschnittes 2 eine Funktionsauflistung bzw. bei komplexeren Produkten eine oder mehrere Funktionsstrukturen. In Arbeitsabschnitt 3 sollen aus dem Ergebnis des vorangegangenen Abschnittes die Lösungsprinzipien erarbeitet werden. Lösungsprinzipien entstehen aus der Kombination physikalischer, chemischer oder anderer Effekte in sogenannten wirkstrukturellen Festlegungen. Dabei werden die gewählten Effekte durch Festlegungen z. B. der Geometrie, der Bewegung oder der Werkstoffart realisiert und machen dadurch das Lösungsprinzip umsetzbar. [VDI-2221, S. 10]

Die aus Arbeitsabschnitt 3 entstandenen potentiellen Lösungsvarianten können in einem sogenannten morphologischen Kasten visualisiert werden. So lassen sich auch gezielt sinnvolle Gesamtlösungsvarianten ermitteln, die dann im Folgenden realisiert und verglichen werden können. Je nach geplantem Entwicklungsaufwand können diese Varianten in die späteren Phasen übernommen werden. Andernfalls wird bereits in diesem Schritt die bestmögliche prinzipielle Lösung ermittelt. Die Umsetzung dieser konzeptionellen Lösung wird in Arbeitsabschnitt 4 in realisierbare Module unterteilt. [PON-11, S. 25]

### **2.4.3 Entwerfen**

Der Arbeitsabschnitt 4 kann bereits in der Konzeptionsphase erfolgen, sich aber auch in der Entwurfsphase (Phase III) befinden. Arbeitsergebnis ist eine modulare Struktur z. B. die Unterteilung des Gesamtproduktes in Untersysteme bzw. der Entwurfsaufgaben in Arbeitspakete. Zwischen den Modulen sind Schnittstellen festzulegen, um den Austausch von Kräften, Material oder Signalen zwischen den Modulen zu gewährleisten. Die Arbeitspakete können in einem projektabhängigen Rahmen auch getrennt voneinander bearbeitet werden. [VDI-2221, S. 10]

Arbeitsabschnitt 5 beinhaltet die Gestaltung der sogenannten maßgebenden Module. Hierbei handelt es sich um die Grobgestaltung innerhalb der Arbeitspakete. Dabei entstehen von den ausgewählten Varianten Vorentwürfe als Arbeitsergebnis (in Form von Skizzen, vorläufigen technischen Zeichnungen oder Stromlaufplänen). Aus den vorentworfenen Modulen entsteht in Arbeitsabschnitt 6 ein Gesamtentwurf, der die durch Detailangaben ergänzten Module samt Schnittstellen beinhaltet. [VDI-2221, S. 11]

### **2.4.4 Ausarbeiten**

An möglichen Stellen wird der Entwurf konkretisiert und in möglichst großen Teilen in handelsüblichen Teilen und normierten Standardelementen umgesetzt. Der 7. Arbeitsabschnitt umfasst das Ausarbeiten der Nutzungs- und Ausführungsangaben, die vom Entwicklungs- und Konstruktionsbereich vorgegeben wurden. Teilweise kann diesem bereits in der vorangegangenen Phase vorgegriffen werden, indem bereits in dieser "wesentliche Festlegungen zur fertigungstechnischen Realisierung sowie zum Produktgebrauch" getroffen werden. Ergebnis dieses Arbeitsabschnittes ist die Produktdokumentation. In dieser werden Fertigungs- und Nutzungsangaben verfasst. Dazu gehören beispielsweise Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen sowie Montage- und Bedienanleitungen oder Benutzerhandbücher. [VDI-2221, S. 11]

## 2.5 Stand der Technik

In diesem Kapitel ist der aktuelle Stand der Interfacetechnik gesammelt, der im Zusammenhang mit der Reduzierung von Fahrerablenkung steht. Der erste Teil betrachtet die konventionelle Mittelkonsole mit Zentraldisplay und realen Stellteilen. Darauf folgend werden virtuelle Interfaces im Automobil vorgestellt. Allgemeine Forschungsansätze zu hybriden Interfaces, die nicht in Zusammenarbeit mit der Automobilbranche entwickelt wurden, können als Basis für die Konzeption des Interface dienen. Im Kapitel 2.5.4 wird gezeigt, dass einige Technologien bereits in automobilen Prototypen Anwendung finden. Die in Kapitel 2.5.4 gelisteten hybriden Interfaceelemente werden dagegen nicht im Automobil verwendet bzw. sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht auf dem Markt verfügbar.

### 2.5.1 Konventionelle Mittelkonsolen

Bevor Lösungsansätze untersucht wurden, um die Fahrerablenkung bei der Bedienung von Touchscreens zu reduzieren, wurden reale Interfaces in Automobilen auf möglichst hohe Ergonomie [TES-05, S. 396-398] und einen hohen Grad der möglichen Blindbedienbarkeit optimiert (vgl. [BMW-16] und [BUL-94, S. 204]). Die daraus entstandenen Eingabe- und Unterstützungsmöglichkeiten werden in diesem Kapitel gesammelt, um Kenntnisse und Vorlagen für die Entwicklung des hybriden Interface zu gewinnen.

Anhand des Innenraumes eines aktuellen Mercedes-Benz CLA (Bj 2016) können Merkmale ergonomischer Cockpitgestaltung aufgelistet werden. Die Nummerierung bezieht sich jeweils auf die Nummern neben den im Bild 2.6 eingekreisten Bereichen. Die Bezeichnungen und Beschreibungen orientieren sich an [DAI-16].



- Oben positioniertes Hauptdisplay (1)
- Ergonomisch geformte Luftdüsen (2)
- Druckknöpfe für die wichtigsten Menüs (3)
- Zentraler Druckknopf mit drehbarem Rand (4)
- Knöpfe für Sicherheitsfunktionen (5)
- Drehregler im unteren Bereich der Mittelkonsole (6)
- Dreh-Drück-Steller für die Funktionsbedienung im Hauptdisplay (7)

**Bild 2.6:** Beispiel anhand eines Mercedes-Benz CLA (2016);  
ergänzte Abbildung aus [DAI-16] in Anlehnung an [LÜT-14, S. 30]

Erkennbar ist, dass die Anzahl jener Elemente von oben nach unten hin abnimmt, zu deren Bedienung der Blick von der Straße genommen werden muss. Dazu zählen das Hauptdisplay (1), sowie mit Symbole beschriftete Knöpfe (3) für Direktzugriffe. Die Drehregler für die Klimaanlage (6) liegen ergonomisch günstig (vgl. [BUL-94, S. 204-206] und [DIN-33408b]) im Greifbereich des rechten Armes. Der Dreh-Drück-Steller (7) ermöglicht eine Eingabe auf dem Hauptdisplay, wobei der Blick auf das Display nötig ist (vgl. [DAI-16]), ohne den Arm weit ausstrecken oder Knöpfe treffen zu müssen. Der Steller befindet sich in einer Position, in der er ohne Blickabwendung von der Straße vom Fahrer gefunden und bedient werden kann. Durch Knöpfe entstünde eine stärkere Ablenkung, da im Regelfall der Fahrer vor der Betätigung durch einen Blick auf den Knopf sicherstellt, dass er auch den gewünschten Knopf getroffen hat (vgl. Kapitel 2.3).

Sicherheitsfunktionen verfügen über besonders geformte Knöpfe. "Besonders" bedeutet hier, dass sich die Form der genannten Knöpfe von der Form der restlichen verbauten Knöpfe unterscheidet. Der Knopf für die Bedienung des Warnblinklichts (5) befindet sich

zentral. Darüber hinaus ist das rote Dreieckssymbol dreidimensional herausgearbeitet, sodass der Knopf leicht erfühlt und betätigt werden kann [DAI-16]. Die Lüftungsdüsen (2) lassen sich für die Stärke der Luftzufuhr um die Mittelachse sowie für die Richtung des Luftstroms in ihrem Kugellager in alle Richtungen drehen [DAI-16].

Sobald der Fahrer eine Skala ablesen kann, steigt der visuelle Grad der Ablenkung stark an. Daher ist eine Blindbedienung der meisten Funktionen des Infotainment-Systems sicherheitsfördernd und wird hauptsächlich durch verschiedene Oberflächen und Materialien für verschiedene Eingabelemente ermöglicht. (vgl. Kapitel 2.3)

Durch eine unter dem Touchscreen angebrachte Leiste kann das Treffen von Objekten vereinfacht werden (vgl. BMW 7er, Baujahr 2016 [BMW-16] sowie [MAI-16e, S. 28]) (Bild 2.7).



**Bild 2.7:** Auflagefläche im BMW 7er [BMW-16]

Eine kleine Fläche auf einem freistehenden Display mit dem ausgestreckten Arm gezielt zu treffen ist besonders bei der Fahrt schwierig, da durch die Bewegung des Fahrzeugs Relativbewegungen entstehen (vgl. hierzu Aussage von [WAG-14] in Kapitel 1.1.2, [PCW-14a, S.2]). Einerseits bewegt sich der Körper des Fahrers im Sitz und andererseits das zu treffende Objekt mit dem Auto. Auf einer Leiste kann der Fahrer seinen Finger oder die Hand ablegen und so einen Ankerpunkt schaffen, was die Relativbewegungen minimiert oder, bei einer Auflagefläche ausreichender Größe, verschwinden lässt. Eine lange und dadurch unergonomische Haltezeit des Arms werden durch die Auflage ebenfalls vermieden, wie in [BUL-94, S. 204, Z. 31 f.] empfohlen.

## 2.5.2 Touchscreens im Automobil

Der erste automobiler Touchscreen war im amerikanischen Luxus-Coupé Buick Riviera (Modelljahr 1987) verbaut. Es handelte sich um einen Monochrom-Bildschirm im Bildseitenverhältnis 4:3, welcher vom Hersteller als Grafik-Kontrollzentrum beworben wurde



(Bild 2.8 (1)). Dieses Kontrollzentrum beinhaltete Funktionen wie Navigation, Radiosteuerung und die Bedienung der Klimaanlage. Darüber hinaus konnte der Fahrer Diagnosen der Bremsanlage, des Antriebsstrangs und elektronischer Systeme durchführen. Das Angebot wurde 1990 eingestellt. [VID-16]



1: Grafik-Kontrollzentrum im Buick Riviera (1987)



2: RNS 310 im VW Golf VI (2008)



3: Intellilink Infotainment-System im Opel Adam (2014)



4: VW BUDD-E Innenraum Fahrerseite (2016)

### Bild 2.8: Infotainment-Systeme [VID-16], [MOT-09], [ADA-16], [GUL-16a]

2008 wurde ein Touchscreen in der Mittelkonsole von Volkswagen im Golf VI eingeführt. Die Sonderausstattung RNS 310 umfasste ein Navigationssystem inklusive 5“-Farbdisplay (Bild 2.8 (2)). Neben der Navigation konnten sämtliche Audiofunktionen über das Display gesteuert werden. [MIC-12]

Zum jetzigen Zeitpunkt bieten die meisten Hersteller von Automobilen neben anderen Bedienelementen Touchscreens in der Mittelkonsole zur Steuerung des Infotainment-Systems an. Als Beispiele seien neben Volkswagen Opel, Seat, Volvo, Jaguar, Jeep, Fiat, Dacia und Toyota genannt. Bei einigen Modellen kann das virtuelle Interface genutzt werden, um neben Navigation und Telefonie auch Smartphone-Apps zu bedienen oder Onlinefunktionen zu nutzen, wie am Beispiel des Intellilink Infotainment-Systems des Opel Adam Rocks (2014) gezeigt (Bild 2.8 (3)).

Dass der Trend zum Touchscreen im Automobil nicht abreißt, zeigt auch die starke Vertretung der Automobilbranche auf der Consumer Electronics Show (CES) 2016 in Las

Vegas. Der Automotive-Bereich ist gemessen an der Stellfläche auf dem Messegelände im Vergleich zum Vorjahr um 25 % gewachsen. [GUL-16a, S. 7]

Neben neuen Elektromodellen und -studien wurden auch die Innenräume kommender Fahrzeuggenerationen präsentiert. In VWs Studie BUDD-E werden Fahrgästen Tablet-PCs zur Verfügung gestellt, während der Fahrer sämtliche Bordfunktionen über ein frei konfigurierbares Display mit Touch-, Gesten- und Spracheingabe steuert (Bild 2.8 (4)). [GUL-16a, S. 8]

Auch Audi stellte eine Studie mit Touchscreen vor. Zum aktuellen Modularen Infotainment-Baukasten zwei (MIB II) gehören ein 14 Zoll messendes AMOLED-Display sowie ein kleinerer Touchscreen, der unter anderem zur Eingabe von Ziffern und Buchstaben verwendet werden kann. [GUL-16a, S. 9]

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass diese wissenschaftliche Arbeit bereits einige Monate vor der CES 2016 bzw. vor Veröffentlichungen der genannten Automobilhersteller und -zulieferer begonnen wurde. Sie fällt damit in einen Zeitraum, zu dem das Thema Touchscreen im Automobil weiterhin an Bedeutung zunimmt.

### **2.5.3 Hybrides Interface als Umwelt des Menschen**

Genau wie es möglich ist, ein Produkt als Umwelt des Menschen zu betrachten (z. B. ein Fahrzeug oder Kleider, vgl. [MAI-16a, S. 6]), besteht die Möglichkeit, ein Interface als Umwelt des Menschen zu betrachten. Dies ist der Fall, wenn sich der Mensch innerhalb des Interface körperlich bewegen kann oder über das Interface mit dem Produkt verbunden ist (vgl. [PCW-16c]). Das früheste Beispiel für ein Interface, das den Menschen über mehrere Wahrnehmungskanäle anspricht (vgl. Kapitel 2.1), ist die Steel Talons Helikopter Simulation von Atari aus dem Jahr 1991 [KOR-08, S. 4].

Die komplette Kabine, in der der Spieler während des Spiels sitzt, bildet dabei das User Interface. Der Spieler nimmt auf einem Schalensitz Platz und bedient den virtuellen Helikopter per Joystick. Wird der Helikopter im Spiel von feindlichem Beschuss getroffen, wird der Sitz vertikal oder horizontal gestoßen und gibt so neben Video- und Soundausgabe ein haptisches Feedback als Reaktion der virtuellen Welt auf die Aktionen des Spielers. Außer Sammelexemplaren existieren heute keine dieser Kabinen mehr. [KOR-08, S. 3-4], [MUS-16]

Eine Kombination aus visueller und biomechanischer Übertragung von Informationen kann die Immersion virtueller Realität vereinfachen [WHI-08, S. 108-111]. 2002 wurde vom Southwest Research Institute Texas eine drucksensitive Matte als Eingabegerät zum Patent angemeldet. Durch Sensoren kann die Position einer Person auf der Matte in die virtuelle Realität übertragen werden [GOO-16]. Die University of Utah kombiniert diese Matte auf ca. 8 m<sup>2</sup> mit einer Hebebühne und einer VR-Brille. Mithilfe der Brille kann der Nutzer sich im virtuellen Raum umsehen. Die Hebebühne simuliert den Untergrund.

Auf dem Virtual Locomotion Interface genannten VR-Produkt sind neben vertikaler Bewegung auch Neigungen bis zu 45° möglich, um Steigung und Bewegung abzubilden. [WHI-08, S. 108-111]

## 2.5.4 Zusätzliche Dimension von Touchscreens

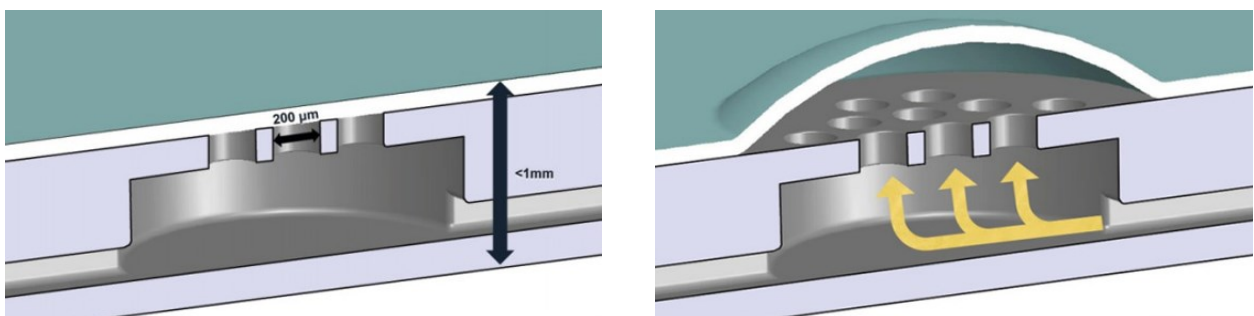
Um die Bedienung von Touchscreen-Interfaces nicht von direkter Sichtbarkeit abhängig zu machen, werden zwei verschiedene Herangehensweisen vorgestellt. Die erste Möglichkeit besteht darin, den Touchscreen um eine dritte Dimension zu ergänzen. Eine Dreidimensionalität zu simulieren, ohne tatsächlich die Touchscreen-Oberfläche um eine Dimension zu erweitern bildet die zweite Möglichkeit.

### 2.5.4.1 Durch Bewegung

Diese Dreidimensionalität kann erreicht werden, indem der Touchscreen beweglich gelagert wird. Durch die Lagerung kann das Display in Richtung der Normalen zur Oberfläche bewegt werden. Wird auf dem Touchscreen getippt, gibt dieses bei jedem virtuellen Tastendruck leicht nach. Der Effekt ist vergleichbar mit dem Trackpad eines Notebooks, das statt deziderter Maustasten klickbare Bereiche im unteren Drittel aufweist [PHO-16]. Eingesetzt wurde diese Technik 2008 in Blackberrys Smartphone Storm 9500. [FOC-08, S. 4]

### 2.5.4.2 Durch variable reale Interfaceelemente

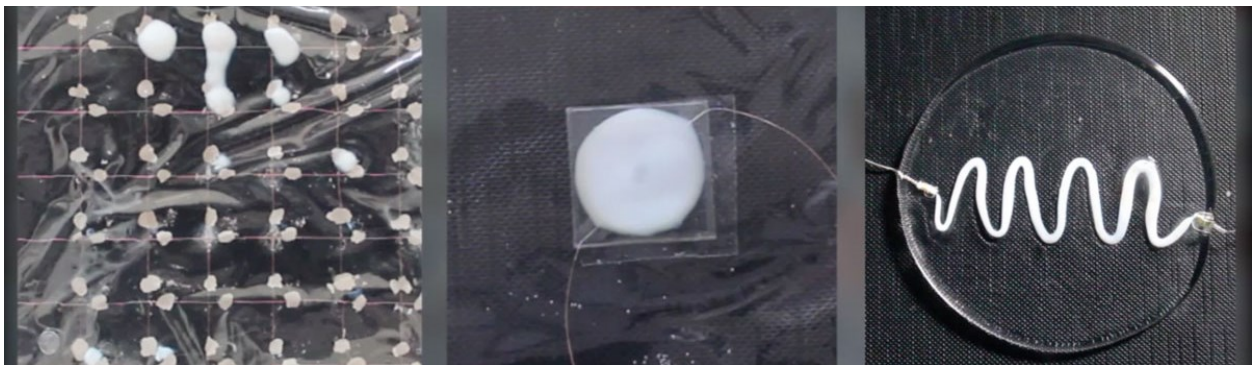
Eine weitere Möglichkeit ist das Anheben von Touchscreen-Bereichen, um fühlbare Plateaus oder Rahmen zu generieren. Prototypen in Form von iPhone-Umbauten wurden 2012 von Tactus unter der Bezeichnung Tactile Layer vorgestellt. Die verwendete Technologie wird als "Microfluidics" bezeichnet. Dabei wird zwischen der Oberfläche des Touchscreens und einer elastischen Außenfolie ein Fluid durch dünne Kanäle gepresst. Im Ursprungszustand sind diese Kanäle nicht sichtbar und die gesamte Fläche des Touchscreens normal zu benutzen. Wird das Fluid aber mit Druck durch die Kanäle gepresst, entstehen durch lokale Hohlräume tropfenförmige dreidimensionale Tasten (Bild 2.9). [TAC-16]



**Bild 2.9:** Funktionsweise Tactus  
(links: Normalzustand, rechts: Fluid wird eingepresst) [TES-13]

Da das Fluid leitfähig ist, kann auf diesen Tasten getippt werden und die Eingabe wird beispielsweise von einer virtuellen Smartphone-Tastatur aufgenommen [GOL-12]. Die Bereiche, die durch den Druck des Fluids angehoben und ausgeformt werden können, werden bei der Fertigung eines Tactus-Touchscreens vordefiniert. Eine nachträgliche Änderung ist nicht möglich. Darüber hinaus ist durch die Sandwich-Bauweise (Außenfolie, Kanalebene mit Fluid, Touchscreen) nur entweder der Zustand an oder der Zustand aus schaltbar. Einzelne Bereiche gezielt anzusteuern ist nicht möglich. [TAC-16]

Mit der Verwendung eines alternativen Materials kann eine höhere Variabilität ermöglicht werden. Dieses Material ist ein bei Wärme aktiviertes Gel, das bei Raumtemperatur transparent und flüssig ist. Wird dieses Gel erwärmt, verfestigt es sich und wird undurchsichtig. Unter dem Namen GelTouch wurde 2015 ein Prototyp mit diesem Gel vorgestellt. Die Technologie befindet sich momentan noch in der Prototyp-Phase, es kann jedoch wie in Bild 2.10 sichtbar die Funktion nachgewiesen werden. [ENG-15]



**Bild 2.10:** Von links nach rechts: Gitterraster mit lokal verfestigtem Gel, Flächiger Knopf und dünne Linie [ENG-15]

Zwischen zwei Folienschichten befindet sich das Gel in flüssiger Form. Darunter verläuft ein Gitterraster dünner Leiterbahnen. So kann punktuell eine höhere Temperatur erzeugt werden, wodurch sich das Gel lokal verfestigt.

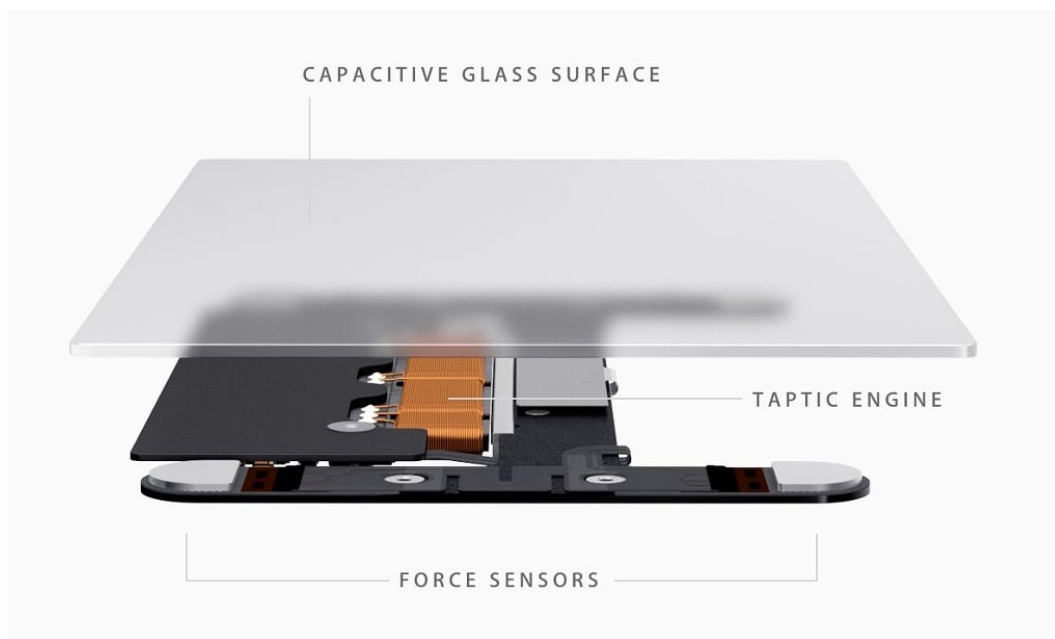
Ein Tablet, dessen Displaypixel nicht aus LEDs, sondern aus Pneumatikzylindern besteht, die einzeln angesteuert werden können, kann Blinden das Lesen auf einem Touchscreen ermöglichen. Die Oberfläche des 2015 vorgestellten Blitab-Tablet bildet Braille-Schriftzeichen. Wird über drucksensitive Schaltbereiche eine Eingabe getätigt, verändert sich die Oberfläche (beispielsweise, um eine neue Seite aufzurufen). Mittels USB-Stick aufgespielte Word- oder PDF-Dateien können automatisch in Braille umgewandelt werden. Auch Karten und Webinhalte können mittels Braille dargestellt werden und Eingaben sind über eine Braille Perkins-Tastatur möglich. [BIG-15]

Laut Blitab soll der Prototyp bis 2016 als Produkt auf dem Markt erscheinen [BLI-16].



### 2.5.4.3 Durch Vibration

Durch gezielte kurzzeitige ( $< 0,1$  ms) Vibration und Einzelstöße kann auf einem Touchpad oder Touchscreen das Gefühl eines nachgebenden oder klickenden Knopfes simuliert werden, ohne dass sich wie beim BlackBerry Storm 9500 (Kapitel 2.5.4.1) tatsächlich die Oberfläche bewegt. Diese Technologie wird am Beispiel des Trackpad im MacBook (2015) und in ähnlicher Form in iPhone und AppleWatch gezeigt und erlaubt eine Dreidimensionalität sowohl in der Eingabe als auch als Feedback (Bild 2.11). [THE-15]



**Bild 2.11:** Force Touch Technologie in Apples MacBook (2015) [THE-15]

In jeder Ecke befinden sich Sensoren, die die auf das Trackpad wirkenden Kräfte messen. Dadurch können Klicks überall auf dem Trackpad erfolgen und nicht nur, wie bei herkömmlichen Varianten, im unteren Drittel. Da die Sensoren die Stärke des Fingerdrucks erfassen, können mit verschieden hohem Kraftaufwand verschiedene Aktionen ausgelöst werden. In Apples Video-App kann beispielsweise je nach Druckstärke schneller oder langsamer vor- bzw. zurückgespult werden. Damit der Nutzer die Stärke des Drucks besser einschätzen kann, gibt das Trackpad stufenweise ein haptisches Feedback über Apples sogenannten taptic engine. Prinzipiell drückt dieser Motor das Touchpad wieder ein wenig nach oben, ähnlich wie bei einer stoßweisen kurzen Vibration. Als Ergebnis fühlt es sich für den Nutzer so an, als hätte er einen Knopf gedrückt und dieser hätte nachgegeben, obwohl dies nicht der Fall ist. [THE-15]

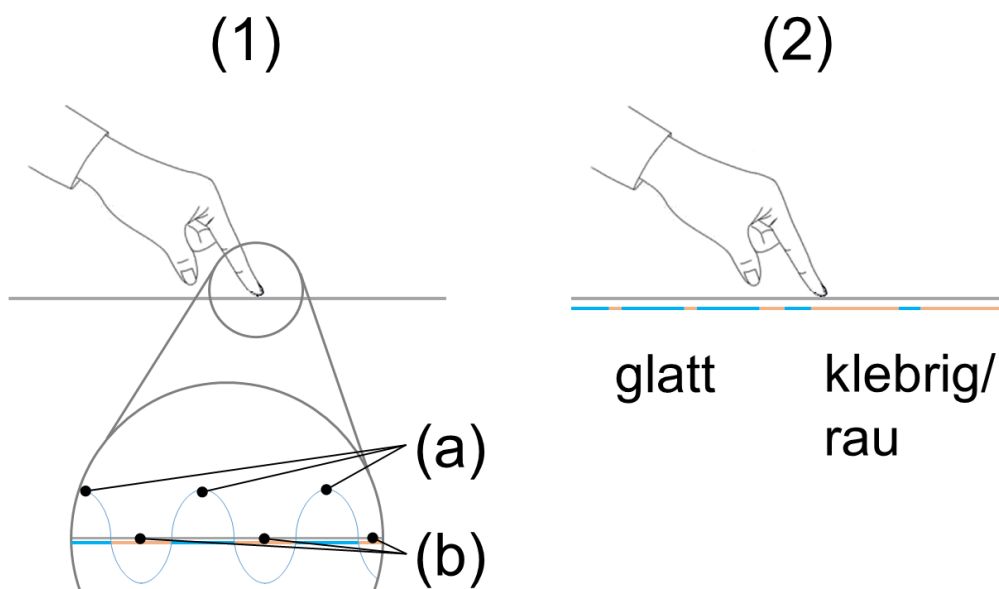
### 2.5.5 Simulation von Oberflächentextur

Ohne dass sich die Oberfläche des Touchscreens tatsächlich verändert, ist dennoch eine gewisse Dreidimensionalität simulierbar. So kann die Textur der dargestellten Oberfläche entweder durch Vibration oder durch Anlegen von Spannung fühlbar gemacht werden.

### 2.5.5.1 Durch Vibration

Mittels einer App kann jedes Smartphone mit internem Vibrationsmotor zum Braille-Reader gemacht werden. Dabei wird auf dem Display jeweils ein Buchstabe in Braille dargestellt und das Gerät vibriert, wenn mit dem Finger über einen eigentlich erhabenen Punkt gefahren wird. Die App wurde 2009 von Nokia gemeinsam mit der Tampere University und der Finnish Federation of the Visually Impaired (FFVI) entwickelt. Inzwischen wurde das Programm aufgrund der geringen Präzision konventioneller Vibrationsmotoren eingestellt. [GEE-09]

Es ist möglich, durch Vibration einer glatten Fläche ein Gefühl von Rauheit bzw. Unebenheit zu vermitteln. Dieses Gefühl entsteht dadurch, dass der Finger des Nutzers beim Gleiten über die Fläche durch die Vibration im Gleichtakt der Schwingungsfrequenz den Kontakt verliert (Bild 2.12). [HEI-10]



**Bild 2.12:** Simulation von Oberflächentextur durch Vibration; eigene Darstellung in Anlehnung an [STU-14]

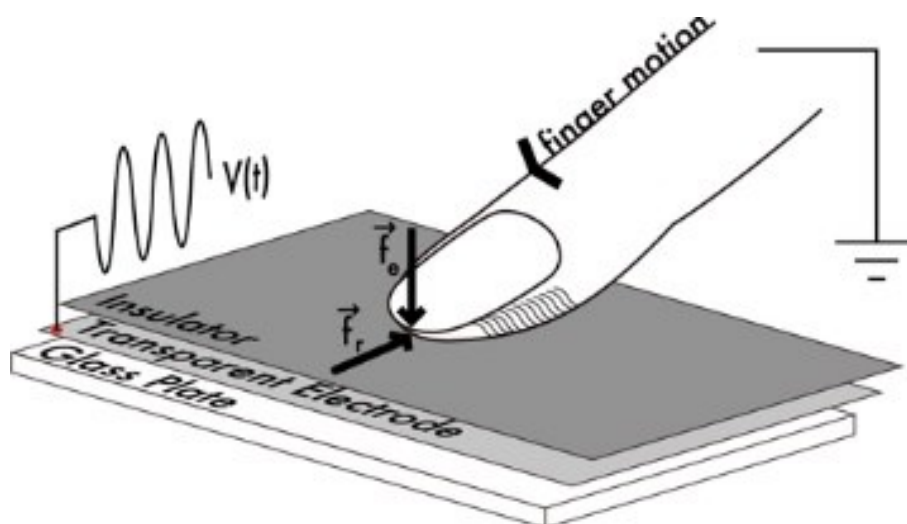
Dabei schwindet der Gleitreibungswiderstand (1 a). Bei geringer Frequenz und Geschwindigkeit des Fingers über dem Display setzt der Finger bei Negativausschlägen der Vibration auf (1 b). Je höher die Frequenz, desto häufiger verliert der Finger den Kontakt und desto glatter erscheint die Oberfläche. Je geringer die Frequenz, desto länger berührt der Finger die Oberfläche und desto klebriger oder rauher erscheint diese dem Nutzer. Durch ortsspezifische Frequenzregulierung können auf den Millimeter genau Texturen z. B. von Holzmaserung oder Fischechuppen simuliert werden. Dabei wird die Frequenz je nach Geschwindigkeit und Ort des Fingers auf dem Touchscreen geändert, um Bereichen verschiedene Rauheiten zu verleihen (2). [TOM-14]

Die für diese Technologie notwendige hohe Vibrationspräzision wird unter anderem durch den Einsatz einer sogenannten elektroaktiven Polymer-Technologie möglich, bei der ein

dünner Polymerfilm bei angelegter Spannung mit niedriger Amplitude und hoher Frequenz schwingt (vgl. ViviTouch [TOM-14]). Nur durch die geringe aber präzise Schwingungsamplitude ist die oben genannte Verwendung möglich. Eine ähnlich hohe Präzision lässt sich auch durch die Verwendung von Ultraschall erreichen, wie 2014 von Fujitsu in Form des Ultrasonic Vibration Display gezeigt. Dabei bringen Ultraschallwellen ein Luftpolster zwischen Finger und Touchscreen-Oberfläche zum Schwingen. [TOM-14]

### 2.5.5.2 Durch Spannung

Wenn eine geringe Spannung an die Haut angelegt wird, wird das wie eine leichte Vibration wahrgenommen [DIS-16]. Dieser Effekt ist für ein hybrides Interfacelement nutzbar. Von Disney Research Pittsburgh, der Carnegie Mellon University und der Universität Paris Sud wurde 2010 ein auf diesem Prinzip basierender Prototyp namens TeslaTouch vorgestellt [HEI-10]. Dasselbe Konzept verwendete auch Nokia im Herbst desselben Jahres an einem Prototyp [ARE-10]. Auf der Glasoberfläche eines Touchscreens wird dabei eine transparente Elektrode unter einer isolierenden Deckschicht angeordnet ([DIS-16]).

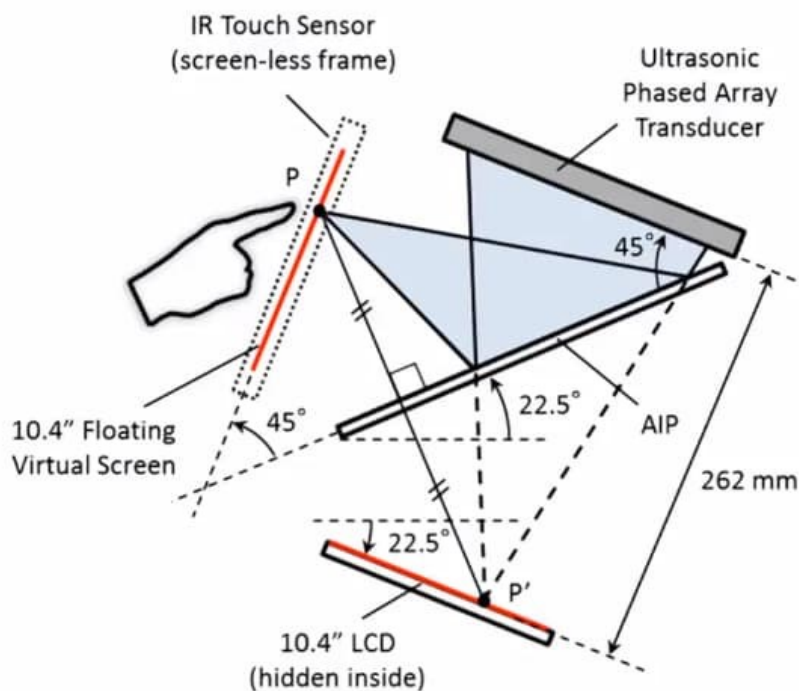


**Bild 2.13:** Funktionsweise TeslaTouch [DIS-16]

Beim Berühren der Oberfläche mit dem Finger werden durch die anliegende Spannung Vibrationen wahrgenommen. Bei Bewegung des Fingers über das Display können Amplitude und Frequenz der Spannung variiert werden, sodass der Eindruck einer rauen oder klebrigen Oberfläche entsteht (vgl. Kapitel 2.5.5.1).

### 2.5.6 Fühlen virtueller Oberflächen

Bei Hologrammen fehlt nicht nur die dritte Dimension, wie bei zweidimensionalen Touchscreen-Oberflächen. Es fehlt auch eine wahrnehmbare Oberfläche. Durch gezieltes Einsetzen von Ultraschall kann eine solche virtuell fühlbar gemacht werden. An der University of Tokyo wurde eine Technologie entwickelt, die HaptoMime genannt wird [DIG-14]. Mittels reflektierender Tafeln können holographische Bilder generiert werden (Bild 2.14).



**Bild 2.14:** Funktionsweise HaptoMime [GIZ-14]

Diese sehen für den Nutzer aus wie ein normaler Touchscreen. Die Simulation einer realen Oberfläche wird dadurch ermöglicht, dass mittels Ultraschallwellen und den damit verbundenen Vibrationen ein Gefühl von fester Materie erzeugt wird [DIG-14]. Indem die Ultraschallwellen verändert werden, können verschiedene Oberflächen, wie weiche oder unnachgiebige Materialien, simuliert werden. [GIZ-14]

Dabei werden Ultraschallwellen an der Fläche reflektiert, die auch das Hologramm erzeugt, und gezielt auf den Finger des Nutzers gelenkt. Dieser nimmt durch die Gegenkraft der auf die Haut treffenden Wellen einen Widerstand ähnlich einer nachgiebigen Masse wahr. [DIG-14]



### 2.5.7 Hybrides Interface im Automobil

Von den in den vorigen Kapiteln vorgestellten hybriden Interfacetechnologien wurden einige von Audi und Bosch bei der CES 2016 in Konzeptfahrzeugen vorgestellt (vgl. Kapitel 2.5.2). Audis kommende Autogenerationen sollen im Innenraum auf den Modulen Infotainment-Baukasten Zwei (MIB II) aufbauen. Zu diesem gehört ein 14 Zoll AMOLED-Display im oberen Bereich der Mittelkonsole zur Anzeige von Informationen. Für Eingaben ist ein kleinerer Touchscreen im unteren Bereich vorgesehen, der eine leichte Wölbung (Curve) aufweist. Damit Interaktionsfelder auf dem Touchscreen besser getroffen werden können, ist eine Handauflage in der Mittelkonsole vorgesehen (Bild 2.15) (vgl. Kapitel 2.5.1). [GUL-16a, S. 14]



**Bild 2.15:** MIB II in einer Audi Innenraumstudie [GIZ-16]

Um Blicke auf das sehr tief positionierte Display zu vermeiden, gibt es auf Eingaben ein haptisches Feedback, das dem Nutzer signalisieren soll, dass eine Eingabe getätigt wurde (vgl. Kapitel 2.5.4.3). Prinzipiell kann das MIB II in sämtlichen kommenden Modellen des VW-Konzerns verbaut werden, wenn diese auf dem aktuellen Modellbaukasten basieren. [GUL-16a, S. 14]

Das Demo-Car des Automobilzulieferers Bosch, das auf der CES 2016 vorgestellt wurde, weist neben der Möglichkeit autonom zu fahren auch einen weiterführenden Ansatz in Hinsicht auf die Gestaltung des User-Interface im Fahrzeuginnenraum auf. Dieses besteht bei der Studie aus zwei nahtlos ineinander übergehenden berührungsempfindlichen Displays (Bild 2.16).



**Bild 2.16:** Bosch Demo Car auf der CES 2016 [GUL-16a, S. 9]

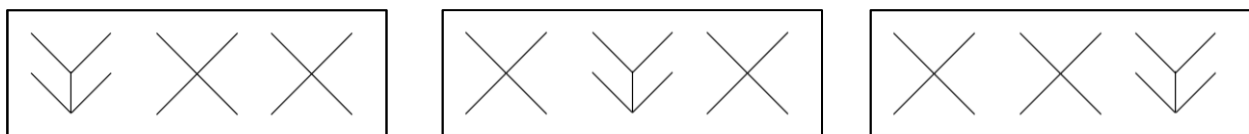
Die Besonderheit hierbei ist, dass sich wie von TeslaTouch bereits im Jahr 2010 vorgestellt auf dem Display Formen erfühlen lassen (vgl. Kapitel 2.5.5.2). Eine Eingabe erfolgt erst auf stärkere Berührungen, weshalb sich Oberflächen oder Formen erfühlen lassen, ohne dass eine Funktion direkt ausgelöst wird (vgl. Apple Force Touch in Kapitel 2.5.4.3). [GUL-16a, S. 9]

## 2.6 Lane Change Task

Im Rahmen der Studie, die mit dem entwickelten hybriden Interface durchgeführt wird, soll die Fahrerablenkung bei der Bedienung desselben gemessen werden. Dafür wird das Programm Lane Change Task verwendet.

Lane Change Task (LCT) ist ein Programm, das in Zusammenarbeit von DaimlerChrysler und BMW innerhalb des Projektes ADAM (Advanced Driver Attention Metrics) entstand [MAT-09, S. 113-114]. Es hat zum Ziel auf kostengünstiger Basis und mit geringem Zeitaufwand [MAT-03, S. 2-4] Aussagen zur Ablenkung des Fahrers durch eine Sekundäraufgabe zu machen [NAU-06, S. 2, 8]. Dabei ist die Primäraufgabe das Fahren und die Sekundäraufgabe, konträr zur Primäraufgabe, nach Bedarf wählbar.

Neben einem Computerarbeitsplatz werden ein Monitor, ein USB-Lenkrad sowie USB-Pedalerie benötigt. So wird ein Modell eines Automobilcockpits aufgebaut. Auf dem Monitor ist die Sicht aus einem Fahrzeug nach vorne dargestellt, das sich auf einer geraden dreispurigen Straße befindet. Auf Anweisung durch Schilder am Straßenrand (Bild 2.17) hat der Fahrer zügig und gleichmäßig die Spur zu wechseln.



**Bild 2.17:** Von links nach rechts: LCT-Schilder für den Fahrspurwechsel auf die linke, mittlere und rechte Spur; eigene Darst. in Anlehnung an [MAT-03, S. 8]

Dabei soll eine konstante Geschwindigkeit gehalten werden. Die Qualität des Spurwechsels wird durch den Vergleich der gefahrenen Strecke mit einer vorgegebenen Vergleichsstrecke ermittelt. Die Vergleichsstrecke lässt sich wie unten beschrieben innerhalb des Analysetools anpassen. [MAT-03, S. 3, 5, 10]

Die Fahrbahn besteht aus 10 Geraden, die durch Haarnadelkurven verbunden sind. Auf jeder Geraden sind 18 Schilder in gleichmäßigen Abstand aufgestellt. Jeweils drei Schilder jeder Art sind vorhanden [MAT-05a, S. 3]:

- Wechsel von der linken Spur auf die mittlere Spur
- Wechsel von der linken Spur auf die rechte Spur
- Wechsel von der rechten Spur auf die mittlere Spur
- Wechsel von der rechten Spur auf die linke Spur
- Wechsel von der mittleren Spur auf die rechte Spur
- Wechsel von der mittleren Spur auf die linke Spur

Ziel der Methode ist die Gewährleistung, dass vergleichbare Werte der Fahrerablenkung erfasst werden. Dies geschieht unter folgenden Gesichtspunkten [MAT-03, S.2-4]:

- Zuverlässigkeit durch reproduzierbares Vorgehen
- Validität durch Fahrsimulation mit allem notwendigen Zubehör
- Objektivität durch hochfrequente und standardisierte Messungswiedergabe
- Geringe Komplexität durch kurzen und standardisierten Testablauf
- Geringe Kosten durch den Einsatz von gängigem Equipment

### 2.6.1 Datenermittlung

Im Fahrversuch werden Informationen zu Lenkwinkel, Distanz, Dauer, Geschwindigkeit und Position des Fahrzeuges auf der Strecke erfasst. Diese Werte werden sofort nach der Beendigung des Programmes automatisch in einer .txt-Datei gespeichert und im Dateiverzeichnis abgelegt, in dem sich auch die .exe-Datei des LCT befindet.

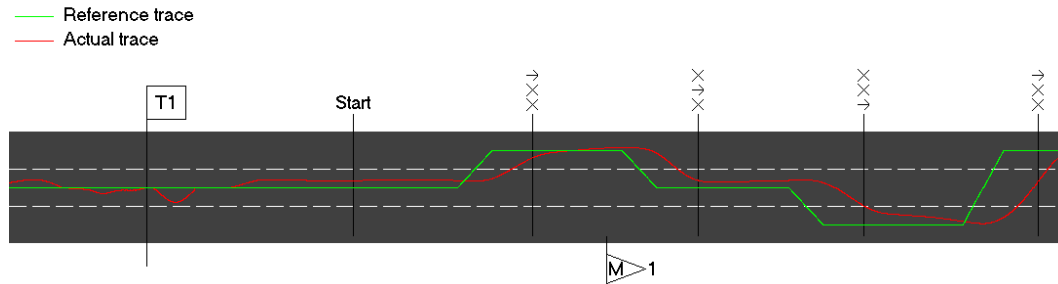
Vor der Versuchsdurchführung müssen die Einstellungen des LCT-Programmes definiert werden. Diese müssen für jede Testperson gleich sein, um Validität zu gewährleisten. Verändert werden können die maximal mögliche Geschwindigkeit in km/h, die Lenksensitivität, die Sichtweite der Schildbeschriftung in m sowie der Startpunkt des Fahrzeuges.

Eine konstante Geschwindigkeit von 60 km/h wird von [MAT-05a] empfohlen. Damit beträgt die Dauer einer gefahrenen Geraden drei Minuten. Die Lenksensitivität muss auf das verwendete Lenkrad angepasst werden. Eine zu geringe Sensitivität führt dazu, dass das Programm wenig bis gar nicht auf eine Drehung des Lenkrades reagiert. Eine zu hohe Sensitivität führt zu Übersteuern. Die Sichtweite ist auf 40 m voreingestellt. Für eine höhere Auflösung als voreingestellt (beispielsweise 1080p statt 720 p) ist die Sichtweite auf 60 m zu vergrößern. Der Startpunkt des Fahrzeuges kann vor Fahrtbeginn mit den Nummerntasten über der Tastatur auf eine der möglichen Strecken 0 bis 9 gesetzt werden. Dies variiert die Reihenfolge der Schilder, um den Lerneffekt zu minimieren, wenn mehrere Versuche mit einer Testperson gefahren werden. Zudem wird empfohlen, vor Beginn und nach Ende der Versuche jeweils eine Baseline zu fahren. Dies ist die ablenkungsfreie Fahrt einer Geraden, anhand derer in der Analyse die Vergleichsstrecke ermittelt wird. [MAT-05a, S. 3 - 7]

Die Datenerfassung beginnt mit dem Start des Programms. Die Testperson erhält die Vorgabe, den Wagen auf der Straße zu halten und dabei möglichst zügig die Spur zu wechseln, sobald ein entsprechendes Schild identifiziert wird. Während der Fahrt (Primäraufgabe) werden potenziell ablenkende Aufgaben gestellt, die von der Testperson als Sekundäraufgabe ausgeführt werden sollen. Nach jeder Teilaufgabe wird ein Zähler um Eins erhöht. So können in der Analyse einzelne Teilaufgaben getrennt voneinander betrachtet und die zugehörigen Daten ausgewertet werden. Die Datenerfassung endet mit dem Ende des Versuchsablaufes sobald die Escape-Taste gedrückt wird, was das Programm schließt und die Daten sichert. [MAT-09, S. 111 - 113]

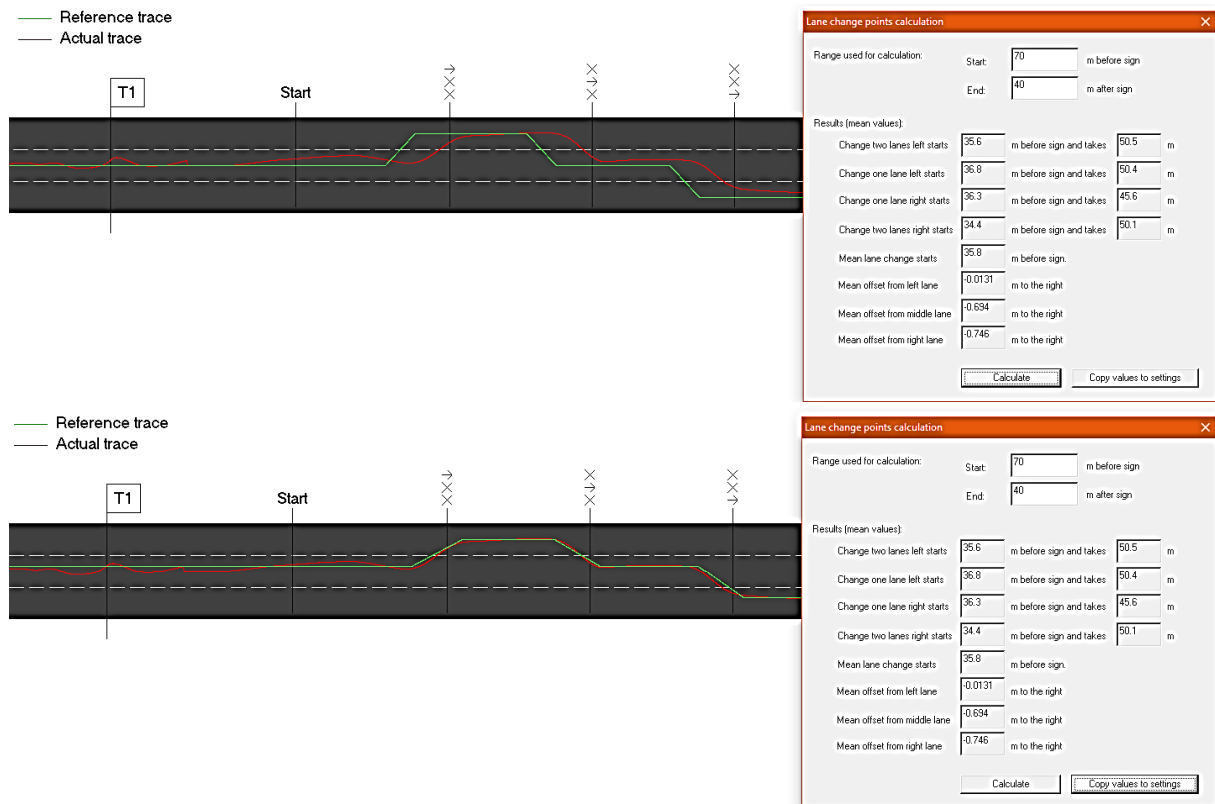
### 2.6.2 Analyse

Die Versuchsdaten können in das LCT-Analysetool (LCTA) importiert werden. Dort können die gefahrenen Strecken jeweils als Kurve neben einer Referenzkurve (Vergleichsstrecke) angegeben werden (Bild 2.18). Zwischen zwei Geraden gefahrene Kurven werden vom Programm automatisch ausgeschlossen und nicht analysiert.



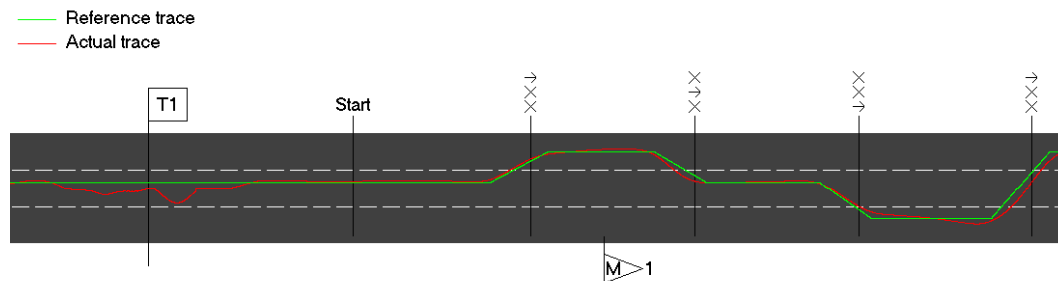
**Bild 2.18:** Gefahrene Kurve neben voreingestellter Referenzkurve; Screenshot LCTA

Diese Referenzkurve ist voreingestellt und entspricht nicht einer Fahrt der jeweiligen Testperson ohne Ablenkung. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten wird die Referenzkurve an die Baseline-Fahrt angepasst (Bild 2.19) [MAT-05b].



**Bild 2.19:** Anpassung der Referenzkurve an Baseline-Fahrt; Screenshot LCTA

Oben im Bild ist die voreingestellte Referenzkurve neben der Baseline-Fahrt dargestellt. Wird das durchschnittliche Fahrverhalten der Testperson beim Spurwechsel (70 m vor bis 40 m nach jedem Schild) und beim Halten der Spur analysiert, lässt sich so eine angepasste Referenzkurve erstellen (im Bild unten). Diese wird auch neben der Versuchsfahrt abgebildet (Bild 2.20; vgl. Bild 2.18).



**Bild 2.20:** Gefahrene Kurve neben angepasster Referenzkurve; Screenshot LCTA

Anhand der Unterschiede der gefahrenen Kurve zur angepassten Referenzkurve wird die Deviation (englisch für Abweichung) errechnet. Dieser Wert kann neben anderen (Länge und Dauer einzelner Abschnitte) über die Analyse-Funktion des LCTA als .txt-Datei exportiert werden. Die Deviation wird durchschnittlich in Metern von der Referenzkurve im betrachteten Bereich angegeben. Zur Analyse und Interpretation der exportierten Werte müssen diese in ein Visualisierungsprogramm wie Excel oder Numbers übertragen werden. [MAT-05b]

### 2.6.3 Skalenniveau

In diesem Abschnitt wird erklärt, wie die Ergebnisse mehrerer gefahrener Kurven verrechnet und visualisiert werden können. Notwendig hierfür ist die Kenntnis des zugrundeliegenden Skalenniveaus [CUN-12, S. 221-225]. Je nach Art eines Merkmals und der Messung, auf der es basiert, lassen sich verschiedene Stufen der Skalierbarkeit unterscheiden (Tabelle 2.4).

Skalenbezeichnung	Beschreibung	Mittelwert
Nominalskala	Es kann lediglich Gleichheit oder Ungleichheit verschiedener Werte unterschieden werden (z.B. Blutgruppe oder Geschlecht) [BÜN-94]	Modalwert
Ordinalskala	Es können Reihenfolge und Häufigkeit der auftretenden Werte erkannt werden; die Abstufung zwischen zwei Werten kann aber nicht als konstant definiert werden (z. B. Punktestand bei der Formel 1: Für den ersten Platz gibt es 25 Punkte, für Platz zwei 18 und für Platz drei 15 Punkte in der Fahrerwertung [FOR-16]) [CUN-12, S. 223-224]	Medianwert
Intervallskala	Es können Reihenfolge und Häufigkeit der auftretenden Werte erkannt werden; die Abstufung zwischen zwei Werten ist konstant (z. B. Meterskala, Zeitskala) [CUN-12, S. 222-223]	Arithmetisches Mittel
Verhältnisskala	Es können Reihenfolge und Häufigkeit der auftretenden Werte erkannt werden; die Abstufung zwischen zwei Werten ist konstant und es ist ein natürlicher Nullpunkt definiert (z. B. Altersverteilung: Der natürliche Nullpunkt ist der Zeitpunkt der Geburt) [BÜN-94]	Geometrisches Mittel

**Tabelle 2.4:** Skalenniveaus; [BÜN-94], [CUN-12, S. 222-224]

Das LCTA-Programm gibt die durchschnittliche Deviation sämtlicher Kurvenabschnitte in Metern aus. Diese wird als arithmetischer Mittelwert sämtlicher Abweichungswerte pro Kurvenabschnitt berechnet [MAT-05a S. 7-9]. Die Begründung für diese Berechnung des Mittelwertes liegt darin, dass es sich bei der verwendeten Skala um eine Intervallskala handelt. Es gibt zwar einen Nullpunkt - insbesondere, wenn eine Vergleichskurve als Nullkurve definiert wurde - dieser wird jedoch nicht als natürlicher Nullpunkt betrachtet, was die Voraussetzung für eine Verhältnisskala wäre. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dieser Nullpunkt für jede Versuchsperson einzeln - insgesamt also "willkürlich" - festgelegt wird. So könnte auch eine Zeitskala eine Verhältnisskala sein, wenn es einen definierten natürlichen Nullpunkt gäbe. Dieser ist jedoch (noch) nicht wissenschaftlich ermittelt und wird somit stets willkürlich festgelegt, z. B. als Geburt Jesu oder Regierungsbeginn von Kaiser Huangdi (2997 v. Chr., chin. Kalender) [KAL-16].

## 3 Entwicklung eines hybriden Interface

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des Prototyps eines hybriden Interface beschrieben. Die Entwicklung orientiert sich an dem methodischen Produktentwicklungsprozess nach der Richtlinie VDI 2221 (vgl. Kapitel 2.4). Da es sich bei dem zu entwickelnden Produkt um einen Prototyp für eine Vorstudie handelt werden einige Aspekte, die bei der Entwicklung eines kompletten automobilen Infotainment-Interface relevant wären, vernachlässigt. Dazu gehören unter anderem die Materialauswahl nach Aspekten der Haltbarkeit über einen längeren Zeitraum und der Anmutung im Fahrzeuginnenraum. Ebenso werden Einflüsse wie Lichteinfall sowie resultierende Spiegelung und Verschmutzung wie Fingerabdrücke nicht in die Anforderungsliste übernommen. Die präzisen ergonomischen Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen in Straßenfahrzeugen, die in der DIN EN ISO 15008 festgelegt werden, werden ebenfalls nicht näher behandelt. Sie bilden aber die Grundlage bei der Wahl der Schriftart und -größe in Kapitel 3.3.1.

### 3.1 Planen

Im ersten Schritt der Planungsphase entsteht aus der Aufgabenstellung die erste Variante der Anforderungsliste (vgl. Kapitel 2.4). Diese wird im weiteren Verlauf der Entwicklung stetig um Anforderungen ergänzt, die auf gewonnenen Erkenntnissen basieren.

#### 3.1.1 Anforderungsliste

Die Aufgabenstellung der Bachelorarbeit wird als Lastenheft betrachtet. Aus ihr werden die ersten Anforderungen exzerpiert. Das Entwicklungsziel lautet wie folgt: "Die Entwicklung eines hybriden Interface, das die Ablenkung des Fahrers [im Vergleich zu einem virtuellen Interface] reduziert und die Bediensicherheit erhöht. Dabei sollen die Vorteile virtueller und realer Interfaces kombiniert werden" (vgl. Kapitel 1).

Auf Basis dieser Anforderungen ist eine Anforderungsliste zu erstellen, die durch weitere interne Forderungen und Wünsche ergänzt werden soll (Tabelle 3.1) [KÜN-01, S. 2]. Die aus dem Lastenheft bekannten Hauptanforderungen werden durch daraus resultierende und ergänzende Anforderungen ergänzt [PAH-07, S. 217].



<b>Anforderungsliste für ein hybrides Interface in der Mittelkonsole von PKW</b>					
Nr.	F/B/W	Anforderungen	Beschreibung/ Quantifizierung	Quelle/ Bezug	Ände- rung
1	F	Entwicklung hybrides Interface	Produkt muss nach Definition einem hybriden Interface entsprechen  Kombination der Elemente virtueller Interfaces und realer Interfaces	Lastenheft	16.05.16
1.1	F	Reale Elemente	Dreidimensionale geometrische Grundformen; Aufblasbare Folienkanäle; Stützleisten; Pappleisten	1	07.06.16
1.2	F	Virtuelle Elemente	Umsetzung mit dem Programm IntuiFace Composer	1	07.06.16
2	F	Vergleich mit virtuellem Interface	Produkt muss in Vergleich mit virtuellem Interface besser abschneiden	Lastenheft	24.05.16
3	F	Reduzierung der Fahrerablenkung	Bedienzeit im Vergleich zu virtuellen Interfaces (reiner Touchscreen) reduzieren; Abweichung von Ideallinie im LCT bei Bedienung geringer, als bei der Bedienung von virtuellem Interface (reiner Touchscreen); gute Wahrnehmbarkeit und Erkennbarkeit	Lastenheft	16.05.16
4	F	Erhöhen der Bediensicherheit	Fehleingaben im Vergleich zu virtuellen Interfaces (reiner Touchscreen) reduzieren	Lastenheft, 3	16.05.16

**Tabelle 3.1:** Anforderungsliste (Ausschnitt); eigene Darstellung i. A. an [PAH-07, S. 213-230]

Für die Prototypentwicklung festgelegte Anforderungen lassen sich unterteilen in [VDI-2225, S. 2]:

- "Festforderungen (F), die unter allen Umständen erfüllt werden müssen,
- Bereichs- oder Mindestforderungen (B), die nach der günstigen Seite über- oder unterschritten werden dürfen,
- Wünsche (W), die nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollen".

In Zeile Nr. 1.2 wird festgelegt, dass die virtuellen Elemente des hybriden Interface mit Hilfe der Software IntuiFace Composer umgesetzt werden sollen. Der von IntuiLab, dem lizenzgebenden Unternehmen, angegebene Anwendungszweck ist die Erstellung von interaktiven Produktpräsentationen zur Wiedergabe auf diversen Endgeräten. Die Bedienung der Präsentation kann konventionell mit einer Computermaus erfolgen. Wird ein Touchscreen-Monitor, ein iPad oder ein Android-Tablet als Wiedergabegerät verwendet,

besteht die Möglichkeit, Aktionen durch Touch-Eingaben auszulösen. Programmierkenntnisse sind zur Erstellung von Touch-Oberflächen nicht notwendig. Die Testversion ist für Studierende kostenfrei. Bei Start des Programms und der Präsentation sind Wartezeiten von jeweils 10 Sekunden eingerichtet, die durch den Erwerb einer kostenpflichtigen Monats- oder Jahreslizenz entfernt werden können. Weiterhin ist der Präsentationsmodus (IntuiFace Player) in der Testversion auf 8 Minuten begrenzt und Funktionen zur Analyse von Nutzerverhalten fehlen. [INT-16]

Für die Erstellung der virtuellen Interfaceelemente eignet sich das Programm insofern, dass kostenfrei eine funktionierende virtuelle Bedienoberfläche - in Kombination mit einem Touchscreen - generiert werden kann. Die Bewegung von Flächen, Scrollen durch Listen, sowie die Implementierung von Kartenmaterial, Schieberegler und Knöpfen sind mit dem Composer möglich. Der Erwerb einer Monatslizenz kostet 199 € [INT-16], was den im Rahmen der Verhältnismäßigkeit angestrebten Kostenrahmen für den Prototyp überschreiten würde (insgesamt ca. 100 €). Daher muss die Studie entsprechend angepasst werden. Bedienszenarien dürfen maximal 8 Minuten in Anspruch nehmen. Nach dieser Zeit muss der Präsentationsmodus neu gestartet werden, was insgesamt ca. 15 Sekunden dauert. Um die Bedienung des Interface mit der Hand durch Touch-Eingabe zu ermöglichen, ist neben der verwendeten Software als Hardware ein PC-Arbeitsplatz sowie ein Touchscreen-Monitor notwendig. In der Testversion der Software ist darüber hinaus bei jedem Start des Programms ein Internetanschluss zur Authentifizierung des Nutzeraccounts erforderlich. [INT-16]

Das Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) verfügt über Cintiq Multitouch-Monitore. Multitouch ist für die Bedienung von Touch-Anwendungen mit mehr als einem Kontaktpunkt auf dem Monitor notwendig. Dazu zählen Gesten wie Pinch-to-Zoom (Auseinanderziehen von Daumen und Zeigefinger) oder Swipe (Wischen) mit mehreren Fingern [VDE-3850, S. 9, 20]. Zur Anwendung kommt ein Cintiq 27QHD Touch-Monitor. Die Displaydiagonale misst bei einer Auflösung von QHD 27". Wacom gibt als Maße der Displayfläche 596,7 x 335,6 mm an. Das Verhältnis von Pixeln zu Millimetern errechnet sich wie folgt:

$$1 \frac{px}{mm} = \frac{\text{Displayhöhe [px]}}{\text{Displayhöhe [mm]}} = \frac{1440 px}{335,6 mm} = 4,291 \frac{px}{mm} \quad (7.1)$$

$$1 \frac{mm}{px} = \frac{1}{4,29 \frac{px}{mm}} = 0,233 \frac{mm}{px} \quad (7.2)$$

Die Kenntnis dieser Verhältnisse ist deshalb notwendig, weil die realen Elemente mit metrischen Skalen gemessen und angefertigt werden. Das Programm zur Erstellung der virtuellen Elemente basiert dagegen auf der Maßeinheit Pixel. Um parallel virtuelle und reale Komponenten des Interface entwickeln zu können, ist ein Umrechnen zwischen Pixelskala und metrischer Skala notwendig.

### 3.1.2 Entwicklung eines Vergleichsobjektes

Parallel zum hybriden Interface soll zu Vergleichszwecken ein virtuelles Interface entstehen. Dieses darf, um den Vergleich auf die Art des Interface (virtuell oder hybrid) zu fokussieren, im Aufbau nur geringstmöglich vom hybriden Interface abweichen. Es müssen dieselben Funktionen vorhanden sein und diese sollen auf ähnliche Art und Weise dem Fahrer zugänglich sein. Die räumliche Lage der Funktionen ist möglichst ähnlich zu wählen. Jedoch muss eine klare Abgrenzung gemacht werden, wo Funktionen durch hybride Elemente bedient und betrachtet werden. Auch größere Abweichungen sind durch die andere Herangehensweise an diesen Stellen denkbar. Diese Anforderung ist also eine Bereichsanforderung. Die Grenzen sind als "die Form und Anordnung der Funktionen ist zu 30 % gleich" und "die Form und Anordnung der Funktionen ist zu 70 % gleich" definiert.

### 3.1.3 Positionierung und Ablenkungsgrad

Es gilt bereits während der Planung ein Instrument einzuführen, mithilfe dessen der Grad der Zielerreichung überprüfbar wird. Das Ziel ist in diesem Fall eine möglichst geringe Gesamtablenkung des Fahrers durch die Bedienung des Interface. Das Instrument soll eine Summenformel sein, deren Ergebnis zu minimieren ist.

Die aufgestellte Formel orientiert sich vom Prinzip an [LEE-09b, S. 49] und [VIC-09, S. 143 f]. [LEE-09b] gibt dabei die durch Ablenkung bedingte Verzögerung einer Fahrerreaktion in Abhängigkeit von der Gebrauchsrate und der Bearbeitungsdauer einer Funktion an (vgl. Kapitel 2.3).

$$\text{Verzögerung} = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} \quad (7.3)$$

mit:  $\rho$  Gebrauchsrate der Funktion (gewichtet)  
 $\mu$  Bearbeitungsdauer der Funktion (gewichtet)

$$\text{visuelle Ablenkung}_{\text{Funktion}} = \sum_i^n g_i^k * E(\alpha) \quad (7.4)$$

mit:  $n$  Anzahl aller Funktionen  
 $g_i$  Ablenkungsdauer je Blick von der Straße (auf die entspr. Funktion)  
 $E(\alpha)$  Funktion in Abhängigkeit vom Winkel zwischen dem direkten Blick auf die Straße und dem Blick auf die Funktion (Sichtlinie)  
 $k$  Konstante, die von der Gewichtung der Ablenkungsdauer abhängt

[MCE-09] geht von einem Wirken zweier Faktoren aus: Wie oft ein Fahrer eine Aktion ausführt und wie stark er dadurch abgelenkt wird [MCE-09, S. 73]. Zusammen mit den Formeln 7.3 und 7.4 wird daraus untenstehende Summenformel für die gesamte aus der Bedienung des Interface entstehende Ablenkung.

Diese soll den oben genannten Zusammenhang differenziert abbilden:

$$AG_{ges} = \frac{1}{n} \sum_i^n H_i * D_i * X_i \quad (7.5)$$

mit:  $H_i$  Anwendungshäufigkeit der Funktion (bewertet)  
 $D_i$  Gebrauchsdauer der Funktion (bewertet)  
 $X_i$  Faktor je nach Lage der Funktion im Greifbereich (bei Eingabe)  
bzw. im Sichtfeld (bei visueller Funktion)

Bei Bewertung der Funktion sowohl hinsichtlich Erreichbarkeit als auch hinsichtlich Ablesbarkeit:

$$X_i = \frac{X_{E,i} + X_{A,i}}{2} \quad (7.6)$$

mit:  $X_{E,i}$  Bewertung je nach Lage der Funktion im Greifbereich  
 $X_{A,i}$  Bewertung je nach Lage der Funktion im Sichtfeld

Den Faktoren  $H$ ,  $D$  und  $X$  sind je Funktion Werte zwischen 1 und 5 zugeordnet. Ein geringer Wert ist dabei einer verhältnismäßig geringen Ablenkung gleichzusetzen. Der Formel 7.5 liegt der Begriff des Ablenkungsgrades zugrunde. Damit ist ein Wertebereich zwischen minimal 1 und maximal 125 gemeint. Ein geringer Zahlenwert ist anzustreben.

Die Anwendungshäufigkeit gibt an, wie oft eine Funktion während der Fahrt zur Anwendung kommt (siehe Tabelle 3.2).

Beschreibung	Beispiel	Bewertung $H_i$
Funktion kommt selten bis nie während der Fahrt zum Einsatz	Automatikwählhebel benutzen	1
Funktion kommt ab und zu während der Fahrt zum Einsatz	Warnblinklicht oder Nebelscheinwerfer	2
Funktion kommt bei etwa jeder zweiten Fahrt zum Einsatz	Abblendlicht (nachts, abends, morgens)	3
Funktion kommt während nahezu jeder Fahrt zum Einsatz	Musiklautstärke ändern	4
Funktion kommt während jeder Fahrt mehrmals zum Einsatz	Blinker betätigen	5

**Tabelle 3.2:** Bewertungstabelle Anwendungshäufigkeit; eigene Darstellung

Die Gebrauchsdauer ist die Zeit die zwischen der Entscheidung des Fahrers, die Funktion zu nutzen, und dem Eintreten des gewünschten Effektes verstreicht [SIE-15, S. 20] (siehe Tabelle 3.3).

Beschreibung	Beispiel	Bewertung $D_i$
Der Effekt tritt innerhalb 1 - 2 Sekunden (durch eine einzige Aktion) ein	An-/Ausschalten des Infotainment-Systems durch Knopfdruck	1
Der Effekt tritt nach 2 - 12 Sekunden ein	Eingehenden Anruf annehmen oder ablehnen	2
Der Effekt tritt nach ca. 8 - 12 Sekunden ein	Sitzheizung auf eine bestimmte Stufe einstellen	3
Der Effekt tritt nach ca. 12 - 60 Sekunden ein	Neuen Radiosender einspeichern	4
Der Effekt tritt nach mehr als einer Minute (z. B. durch mehrere hintereinander ausgeführte Aktionen) ein	Adresseingabe Navigationssystem	5

**Tabelle 3.3:** Bewertungstabelle Gebrauchsdauer; eigene Darstellung

Bei der Zieleingabe in ein Navigationssystem wird diese vom Zeitpunkt des Wunsches, das Ziel einzugeben, bis zum Zeitpunkt der Bestätigung der Zieleingabe und dem Beginn der Routenberechnung gemessen. Muss zur Zieleingabe eventuell ein Untermenü geöffnet werden (was eine Ladezeit miteinschließen kann), zählt diese Aktion mit zur Gebrauchsdauer, die Rechenzeit der Routenplanung jedoch nicht.

Um die Gebrauchsdauer zu minimieren, ist eine geringe Komplexität notwendig. Nach Hatfield ist dies gegeben, wenn keine Untermenüs vorhanden sind und somit eine direkte Bedienung möglich ist [HAT-81, S. 27-32]. Das Prinzip wird "What-You-See-Is-What-You-Get" (WYSIWYG) genannt und kommt im User-Interface-Design als Rahmenbedingung zum Einsatz [GAL-97, S. 14].

Der Faktor  $X$  wird je nach Art der Funktion bewertet.

Ist die Funktion rein visueller Natur (z. B. der Tachowert), wird je nach Lage der Funktion bewertet. Je größer der Winkel zwischen der Sichtachse bei Blick auf die Funktion und der Sichtachse bei Blick auf die Straße, desto höher der Faktorwert (siehe Tabelle 3.4). Die Beispiele, die in diesem Kapitel gegeben werden, dienen dem besseren Verständnis, hängen aber von der Körpergröße und der Position des Fahrers ab. Ein großer Fahrer (Sitzriese) hat einen größeren Greifbereich, als ein kleiner (Sitzzwerg) [GRA-02, S. 12]. Je weiter hinten im Fahrzeug der Kopf des ist, desto mehr Elemente im Fahrzeuginnenraum können ohne Drehung des Kopfes wahrgenommen werden.

Beschreibung	Beispiel	Bewertung $X_{A,i}$	Farbe
Lage im direkten Sichtfeld (kann bei Blick in Fahrtrichtung fokussiert werden)	Head Up Display über dem Lenkrad	1	
Lage um das Zentrum des Sichtfeldes (kann nur durch Augenbewegung gut fokussiert werden)	Lenkradkranz & linke, obere Ecke d. Mittelkonsole (vgl. Bild 3.1)	2	
Lage im indirekten Sichtfeld (kann gerade noch ohne Kopfbewegung fokussiert werden)	Rechte Kante der Mittelkonsole (vgl. Bild 3.1)	3	
Sichtfeldrand (kann gerade noch ohne Kopfbewegung wahrgenommen, aber nicht beidäugig fokussiert werden)	Schaltknüppel	4	
Lage außerhalb des Sichtfeldes (Kopf muss gedreht werden)	Handschuhfach	5	

**Tabelle 3.4:** Bewertungstabelle Lagefaktor Sichtfeld (vgl. Bild 3.1); eigene Darstellung

Die Darstellung der Geschwindigkeit auf einem Head Up Display (HUD) in der Windschutzscheibe hinter dem Lenkrad ist beispielsweise mit 1 zu bewerten. Dieselbe Information auf einem Display in der Mittelkonsole neben dem Schaltknüppel darzustellen mit dem Wert 5. Positionen zwischen dem kleinsten und dem größten Winkel sind relativ dazu mit Werten zwischen 1 und 5 zu bewerten.

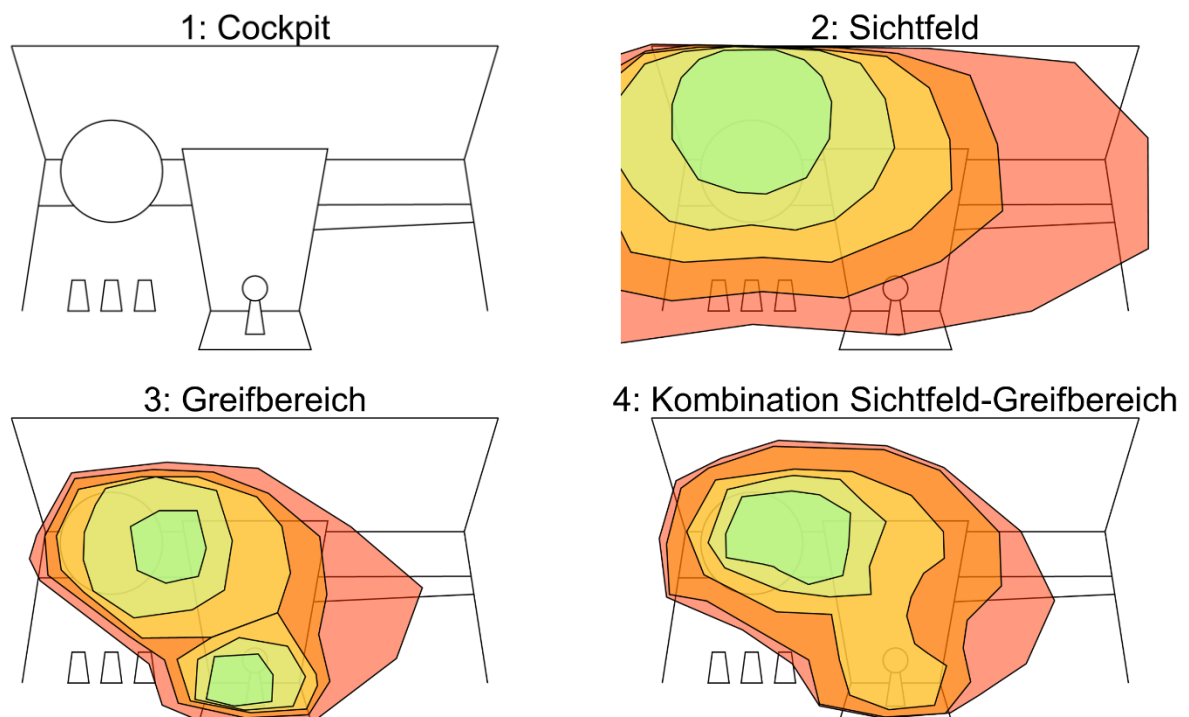
Ist die Funktion eine Eingabe (z. B. die Aktivierung der Sitzheizung), wird je nach Lage der Funktion im Greifbereich des Fahrers bewertet (siehe Tabelle 3.5).

Beschreibung	Beispiel	Bewertung $X_{E,i}$	Farbe
Lage im direkten Greifbereich (oben: Ohne die Hand vom Lenkrad nehmen zu müssen; unten: Auf dem Getriebetunnel ruhende Hand, wenn der Oberarm parallel zum Oberkörper liegt)	Lenkradtasten rechts; Dreh-Drück-Steller (vgl. [BMW-16])	1	
Lage um den direkten Greifbereich (Hand muss nur ca. 20 Zentimeter aus der Ruheposition bewegt werden)	Blinker-Hebel; tiefliegende Klimaanlage-Bedienung	2	
Lage im indirekten Greifbereich (Arm muss eventuell komplett ausgestreckt werden)	Mitte der Mittelkonsole	3	
Lage am Rand des Greifbereichs (Oberkörper muss bewegt werden)	Rechte Kante der Mittelkonsole (Bild 3.1)	4	
Lage außerhalb des Greifbereichs (der Oberkörper muss aus dem Sitz bewegt werden)	Handschuhfach	5	

**Tabelle 3.5:** Bewertungstabelle Lagefaktor Greifbereich (vgl. Bild 3.1); eigene Darst.

Positiv zu bewerten sind Positionen nahe des Lenkrads, also auf der linken Seite und im oberen Drittel der Mittelkonsole, sowie im unteren Bereich der Mittelkonsole, sodass sie mit auf dem Kardantunnel aufgelegten Arm erreicht werden können. Für den Fall, dass eine Funktion in beide Bewertungsbereiche fällt, weil die getätigte Eingabe auch visuell überprüft werden muss (z. B. Eingabe einer Telefonnummer), ist die Formel 7.6 zu verwenden. Dabei wird die Funktion auf beide oben beschriebenen Arten bewertet und der Mittelwert gebildet.

Zum besseren Verständnis der Wertebereiche wurden in Anlehnung an [MAI-16d, S.13] in Bild 3.1 die entsprechenden Bereiche farbig markiert.



**Bild 3.1:** Wertebereiche im Fahrzeugcockpit; eigene Darst. i. A. an [MAI-16d, S.13]






In einem vereinfacht dargestellten Autocockpit (1) wurden Sichtfeld und Greifbereich eingezeichnet ((2) und (3)). Das Sichtfeld (2) wurde nach [LAN-08, S. 84-88] erstellt und anhand von [MAI-16a, S. 34 f.] und [MAI-16d, S.10-13] auf das Cockpit projiziert. Der dunkelgrüne, innere Bereich umfasst das Zentrum des scharfen Sehens, bei Blick auf die Straße. Bis in den hellorange Bereich werden Gegenstände unscharf wahrgenommen. Die dunkelorange und rot eingefärbten Bereiche können nur mit einer Drehung des Kopfes ins Auge gefasst werden.

Die farbliche Bewertung des Greifbereichs geht nur vom rechten Arm aus. Dabei werden zwei Positionen als optimal definiert: Die Hand umfasst das Lenkrad und kann mit minimaler Bewegung von dort agieren, oder die Hand ruht auf dem Kardantunnel nahe des Schaltknüppels. Hellorange ist hier der Bereich der erreicht werden kann, ohne dass der Fahrer den Oberkörper bewegen muss. Der dunkelrote Bereich bedeutet ein teilweises Verlassen des Sitzes mit dem Oberkörper. Die Bereiche entstanden in Anlehnung an

[DIN-33402, S. 34, 42] für die Körpermaße des Menschen (bezogen auf das 5. Perzentil Frau für Minimal- und das 95. Perzentil Mann für Maximal-Greifbereiche), [DIN-33408a, S. 5-10] sowie [DIN-33408b, S. 1-3] für Greifbereiche und Gelenkwinkel in sitzender Position und [SCH-15b, S.23-35] für Grundlagen und zusätzliche Informationen zum Thema Greifraum und Sichtbereich im Fahrzeugcockpit auf Basis von [BUL-94] zitiert nach [ISO 3958, 1996].

Gemäß Formel 7.5 entsprechen die Farben von Dunkelgrün nach Dunkelrot den Werten 1 bis 5. Zur besseren Differenzierung sind auch Bewertungen mit bis zu einer Stelle nach dem Komma zulässig. Dies ist insbesondere möglich, wenn eine Funktion in mehreren Bereichen zugleich liegt. Dabei ist der Mittelwert zu bilden und auf eine Stelle nach dem Komma zu runden.

Rechts unten ist der optimale Greif-Sehbereich abgebildet (4). Diese Grafik zeigt die transparente Überlagerung der beiden vorigen Bereiche, wobei die entstandenen Farben den Mittelwert aus Greifbereich und Sichtfeld darstellen. Zur objektiven Bewertung ist die Bildung eines Mittelwertes aus den jeweiligen Grafiken besser geeignet, da so durch Dezimalbildung eine feinere Abstufung als in der Grafik möglich ist. Zudem sind im Sinne einer besseren Veranschaulichung Details vereinfacht dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der optimale Bereich das Lenkrad, die Unterkante der Windschutzscheibe sowie die links obenliegende Ecke der Mittelkonsole abdeckt (siehe auch Tabelle 3.6).

Beschreibung	Beispiel	Bewertung $X_i$	Farbe
Lage sowohl im direkten Sichtfeld als auch im direkten Greifbereich	Lenkradtasten; linke obere Ecke d. Mittelkonsole (vgl. Bild 3.1)	1	
Fokussieren ohne Kopfbewegung möglich und Hand muss unter 20 Zentimetern bewegt werden	Linke obere Bildschirmkante d. Mittelkonsole (vgl. Bild 3.1)	2	
Bereich kann mit Augenbewegung ohne Kopfbewegung fokussiert oder gut wahrgenommen werden; die Hand erreicht den Bereich ohne Bewegung des Oberkörpers	Linke Hälfte der Mittelkonsole; Schaltknüppel (vgl. Bild 3.1)	3	
Zur Fokussierung des Bereichs muss der Kopf bewegt werden; der Oberkörper muss bei ausgestrecktem Arm bewegt werden, um den Bereich zu erreichen	Rechte Hälfte der Mittelkonsole; Bereiche auf dem Getriebetunnel neben der Rücklehne der Sitze	4	
Weder Fokussierung ohne Kopfbewegung noch Erreichbarkeit ohne Bewegung des Oberkörpers aus dem Sitz möglich	Handschuhfach	5	

**Tabelle 3.6:** Bewertungstabelle Lagefaktor Gesamt (vgl. Bild 3.1); eigene Darstellung



Der hellorange, noch eben zulässige, Bereich für Eingabe- und Anzeigegeräte entspricht annähernd der Positionierung konventioneller Mittelkonsolen und der dort angebrachten Interfaceelemente. Die Positionierung des zu entwickelnden hybriden Interface kann daher auf dem aktuellen Stand der Technik konventioneller Mittelkonsolen basieren. Dies entspricht einer Position rechts neben dem Fahrer mit Oberkante auf Höhe der Lenkroboberkante. Bei einem virtuellen Interface ist es nötig, den Touchscreen sowohl im Sichtfeld als auch im optimalen Greifraum zu positionieren, da Anzeige und Bedienung auf demselben Gerät stattfinden [VDE-3850, S. 12]. Bei der Entwicklung anzustreben ist daher, rein virtuelle Elemente (Steuerung nur über Touchscreen) im Optimalbereich oben einzusetzen. Rein reale Elemente können im unteren Bereich zum Einsatz kommen, während hybride Elemente den Bereich dazwischen ausfüllen. Nach [KUN-04, S. 197] braucht die Aufnahme einer Information über haptische Rückmeldung 25-mal so viel Zeit wie die Aufnahme auf visuellem Wege (vgl. Kapitel 2.3). Folglich ist es nicht ratsam, komplexe Informationen, die konventionell visuell dargestellt werden, im zu entwickelnden Interface haptisch darzustellen. Dazu zählt beispielsweise die Darstellung der Navigation oder Information über den aktuellen Radiosender. (vgl. Kapitel 2.3) Vielmehr ist es anzustreben, den visuellen Wahrnehmungskanal durch den haptischen Wahrnehmungskanal zu ergänzen, um so die Ablenkungszeit zu verringern.

Zur Errechnung des gesamten Ablenkungsgrades des Interface werden die partiellen Ablenkungsgrade aller verwendeten Funktionen ermittelt und der Mittelwert gebildet. Die daraus entstehende Anforderung lautet also: Minimierung des gesamten Ablenkungsgrades. Als Obergrenze dieser Bereichsanforderung kann der Ablenkungsgrad des im Vergleich verwendeten virtuellen Interface verwendet werden. Die Untergrenze entspricht dem idealen Wert 1. Da der gesamte Ablenkungsgrad der Mittelwert der jeweiligen Ablenkungsgrade der Funktionen ist, ist eine Minimierung der einzelnen Ablenkungsgrade anzustreben.

Als Beispiel seien zwei Funktionen umzusetzen. Die erste Funktion ist, ein Ziel auf einer Navigationskarte zu finden, die virtuell umgesetzt werden soll. Aus Umfrageergebnissen ist die durchschnittliche Anwendungshäufigkeit bereits bekannt ( $H_1 = 2,2$ ). In ersten Tests der Benutzeroberfläche werden jedoch hohe Werte bei der Gebrauchsdauer festgestellt ( $D_1 = 4,0$ ). Die zweite Funktion ist die Bedienung des Autoradios. Auch für diese Funktion seien Anwendungshäufigkeit ( $H_2 = 3,8$ ) sowie Gebrauchsdauer ( $D_2 = 1,5$ ) bekannt. Es seien für die Positionierung der Funktionen zwei Bereiche verfügbar. Die Bereiche A und B haben die Lagefaktoren (Bewertung nach Sichtfeld-Greifbereich)  $X_A = 2,3$  und  $X_B = 3,2$ .

Mit Formel 7.5 erhält man:

$$\begin{aligned}
 AG_{ges} &= \frac{1}{n} \sum_i^n H_i * D_i * X_i \\
 &= \frac{1}{2} [(2,2 * 4,0 * X_1) + (3,8 * 1,5 * X_2)] \\
 &= \frac{8,8 * X_1}{2} + \frac{5,7 * X_2}{2} \\
 &= 4,4 * X_1 + 2,85 * X_2 \rightarrow \min!
 \end{aligned}$$

mit den Nebenbedingungen:

$$X_1 = \{X_A = 2,3; X_B = 3,2\}$$

und  $X_2 = \{X_A = 2,3; X_B = 3,2\}$

sowie  $X_1 \neq X_2$

Da es nur zwei Alternativen der Lösung gibt, ist Einsetzen möglich. Für komplexere Terme können mit Hilfe der Differentialrechnung nicht-triviale Lösungen gefunden werden. Darauf soll in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Bei Positionierungsproblemen in kleinerem Umfang sind die Lösungsmöglichkeiten durch Gestaltungsvorgaben, wie beispielsweise durch den Auftraggeber oder gesetzliche Vorschriften sowie Normen, beschränkt.

Einsetzen ergibt zwei Lösungsvarianten:

$$\text{A) } X_1 = X_A; X_2 = X_B \quad \rightarrow \quad AG_A = 4,4 * 2,3 + 2,85 * 3,2 = \underline{19,24}$$

$$\text{B) } X_1 = X_B; X_2 = X_A \quad \rightarrow \quad AG_B = 4,4 * 3,2 + 2,85 * 2,3 = 20,64$$

In diesem Beispiel ist folglich die Lösungsvariante A zu bevorzugen, da daraus ein geringerer Ablenkungsgrad resultiert. Bei zwei bekannten Faktoren (hier Anwendungshäufigkeit und Gebrauchsdauer) kann als Faustregel der Funktion mit dem höchsten Zwischenprodukt ( $H_i * D_i$ ) der Geringste der verfügbaren übrigen Faktoren (hier der geringstmögliche Lagefaktor  $X_i$ ) zugeordnet werden.

## 3.2 Konzipieren

In diesem Kapitel sollen die Funktionen gesammelt werden, die das hybride Interface aufzuweisen hat. Diese werden in der Anforderungsliste ergänzt. Aus der Liste dieser Funktionen bzw. der daraus entstehenden Funktionsstruktur soll eine Liste an Lösungsvorschlägen für jede Funktion erarbeitet werden. Durch Eintragen dieser Funktionen und Lösungsansätze soll ein morphologischer Kasten entstehen, dem die günstigste Lösungsvariante zu entnehmen ist.

### 3.2.1 Online-Umfrage

#### 3.2.1.1 Funktionen

Zunächst sind die Funktionen zu ermitteln, die im hybriden Interface vorhanden sein sollen. Dafür werden die Werte aus einer als Voruntersuchung durchgeführten Online-Umfrage zum Thema Bedienelemente in automobilen Mittelkonsolen herangezogen. Die Umfrage wurde mithilfe der für Studenten kostenlosen Seite UmfrageOnline.com erstellt [ENU-16]. Die vollständigen Ergebnisse sind im Anhang zu finden (Kapitel 7.3). Gefragt wurde danach, wie wichtig die Umfrageteilnehmenden (n = 82) verschiedene Infotainment- und Fahrzeugfunktionen einschätzen (Bild 3.2). Eigene Vorschläge konnten ergänzt werden.

Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"

29 %

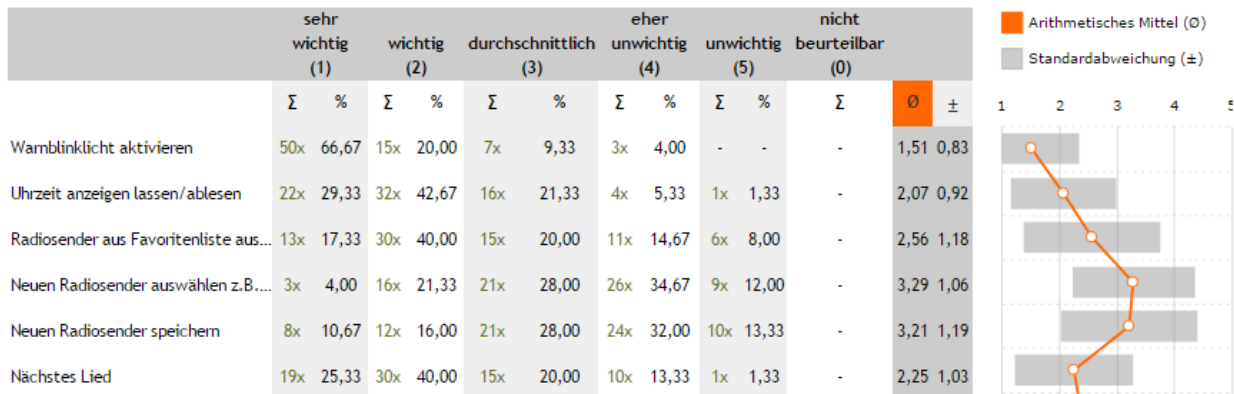
Für wie wichtig halten Sie die genannten Funktionen? \*

Sollten Sie sich unter einer Funktion nichts vorstellen können, wählen Sie "nicht beurteilbar".

	sehr wichtig	wichtig	durchschnittlich	eher unwichtig	unwichtig	nicht beurteilbar
Warnblinklicht aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uhrzeit anzeigen lassen/ablesen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender aus Favoritenliste auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender auswählen z.B. Frequenz eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender speichern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächstes Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 3.2:** Fragebogen Online-Umfrage (Ausschnitt); [ENU-16]

Es ging bei der Beantwortung der Frage nicht um die Umsetzung, also die Interfacegestalt, sondern ausschließlich um die Existenz einer Möglichkeit, d.h. einer Funktion an sich (vgl. [PON-11, S. 61]). In der Auswertung werden den Antwortmöglichkeiten Werte von 1 (sehr wichtig) bis 5 (unwichtig) zugeordnet (Bild 3.3).



**Bild 3.3:** Antworten Fragebogen (Ausschnitt); [ENU-16]

Funktionen, deren mittlere Bewertung unterdurchschnittlich lag (Mittelwert über 2,5), werden im ersten Schritt der Auswertung gestrichen (Werte im Anhang, Kapitel 7.3):

- Wahl eines neuen Radiosenders z. B. durch Frequenzeingabe
- Speichern eines neuen Radiosenders als Favorit
- Auswahl eines Radiosenders aus einer Favoritenliste
- Pausieren von Musik
- Einstellen der Sitzheizung auf eine bestimmte Stufe
- Wählen bzw. Anrufen einer nicht eingespeicherten Nummer
- Anzeigen der nächsten Raststätte
- Verstellen von Motor, Getriebe, Fahrwerk oder Lenkung

Als besonders wichtig bewertete Funktionen werden im zweiten Schritt die Funktionen als Forderung in die Anforderungsliste übernommen, deren Bewertung im Mittel zwischen 1 (sehr wichtig) und 2 (wichtig) lag (Werte im Anhang, Kapitel 7.3):

- Aktivieren des Warnblinklichts
- Gebläse stärker oder schwächer stellen
- Scheiben enteisen
- (Navigations-)Karte anzeigen lassen
- Eingeben einer (Ziel-)Adresse

Eigene Vorschläge mit Mehrfachnennung waren:

- Tempomat einstellen
- Verbrauch anzeigen

Diese werden nicht in die Anforderungsliste übernommen, da sie bei aktuellen Fahrzeugen im Display hinter dem Lenkrad angezeigt werden (vgl. [AUD-16], [BMW-16], [DAI-16]). Das zu entwickelnde Interface befindet sich jedoch in der Mittelkonsole.

Funktionen, die eine Bewertung von 2 bis 2,5 erhalten haben, werden als Wunsch in die Anforderungsliste aufgenommen (Werte im Anhang, Kapitel 7.3):

- Uhrzeit anzeigen lassen
- nächstes Lied
- vorheriges Lied
- Wechsel zwischen CD/USB/Bluetooth-Medien/Radio
- Anruf annehmen
- eingespeicherten Kontakt anrufen
- Klimaanlage wärmer/kälter stellen
- Klimaanlage auf eine bestimmte Temperatur einstellen
- Gebläse auf eine bestimmte Stufe stellen
- Sitzheizung aktivieren
- gesamte Route anzeigen lassen

Diese Funktionen sollen nach Möglichkeit im hybriden Interface umgesetzt werden. Eine Umsetzung ist jedoch nicht Pflicht.

### 3.2.1.2 Ablenkungsgrad

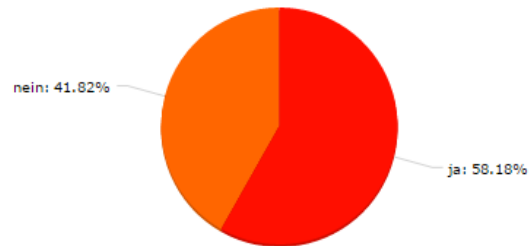
Um für die Berechnung des Ablenkungsgrades (Kapitel 3.1.3) eine Grundlage bezüglich der Anwendungshäufigkeit  $H_i$  zu haben, wurden die Teilnehmer der Umfrage auch danach gefragt, wie häufig sie die zuvor nach Wichtigkeit eingeschätzten Funktionen benutzen. Sehr häufig verwendete Funktionen wurden mit 1, nie verwendete Funktionen mit 5 bewertet. Um die Werte in die Formel 7.5 einsetzen zu können, müssen die jeweiligen Gegenwerte verwendet werden, da in Kapitel 3.1.3 "sehr häufig" als 5 und "selten bis nie" als 1 festgelegt wurden. Es gilt also für die Ergebnisse beispielsweise:  $2,73 \rightarrow 5 - 2,73 = 2,27$ . Für die Ablenkungsdauer  $D_i$  müssen die Werte aus der Frage "Wie lange brauchen Sie für die Verwendung der genannten Funktionen", ebenfalls den Werten 5 bis 1 zugeordnet werden. Die vollständigen Ergebnisse und Wertezuordnungen sind im Anhang (Kapitel 7.4) zu finden.

### 3.2.2 Bedienoberfläche

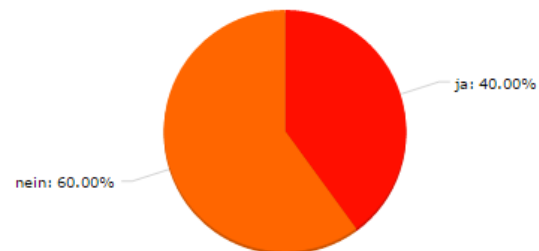
Der Produktentwicklungsprozess konzentriert sich auf die Teilgestalt Interface(-gestalt), da Funktionsgestalt und Tragwerkgestalt in Form eines Touchscreen-Monitors vorgegeben sind (vgl. Kapitel 3.1.1). Die Entwicklung geschieht daher spaltenmäßig (vgl. Kapitel 2.1) in der Reihenfolge Aufbau, Form, Farbe und Grafik. Die im vorigen Kapitel ermittelten Funktionen müssen auf der Bedienoberfläche verteilt werden. In den folgenden Kapiteln werden den angeordneten Funktionen Form, Farbe und Grafik zugeordnet. Die Anordnung wird zunächst argumentativ begründet, was zu mehreren Lösungsvarianten führt. Anschließend werden diese mithilfe der in Kapitel 3.1.3 aufgestellten Formel 7.5 bewertet, um die beste Anordnungsvariante zu finden. Aus der Umfrage (siehe Anhang, Kapitel

7.3) geht hervor, dass ein hochkant positionierter Bildschirm einem Monitor im Querformat vorgezogen wird (Bild 3.4 und Bild 3.5).

Die Frage lautete jeweils: Können Sie sich vorstellen, einen solchen Touchscreen anstatt einer konventionellen Mittelkonsole zu benutzen?



**Bild 3.4:** Ergebnis Umfrage Touchscreen Hochformat; [ENU-16]



**Bild 3.5:** Ergebnis Umfrage Touchscreen Querformat; [ENU-16]

Infolge dessen ist das hybride Interface auf Basis eines Touchscreens im Hochformat zu entwickeln. Da der vorhandene Touchscreen von CINTIQ nicht um die Bildschirmnormale drehbar ist, soll nur ein Teilbereich des Bildschirms genutzt werden [WAC-16]. Eine Fläche, die durch den linken Rand begrenzt wird und Maße von 890 x 1440 px bzw. 207,37 x 335,6 mm (Breite x Höhe) aufweist wird daher in der Anforderungsliste festgehalten. Die Höhe entspricht der Bildschirmhöhe. Das Seitenverhältnis entspricht dem goldenen Schnitt (vgl. Goldener Schnitt, [MAI-16f, S. 97] und [BEU-98]). Auf dieser Fläche sollen die Funktionen angeordnet werden.

### 3.2.3 Anordnung der Funktionen auf der Bedienoberfläche

Die im Kapitel 3.2.1 gesammelten Funktionselemente werden unter Funktionsmodulen, die später die einzelnen Interfacemodule bilden sollen, angeordnet. Diese werden als Navigation, Audiowiedergabe, Telefonie, Klima/Komfort und Sicherheit bezeichnet.

Die zur Verfügung stehende Fläche von 890 x 1440 px ist im Hochformat vorhanden. Das horizontale Sichtfeld ist jedoch dominanter, als das vertikale. Bei Erwachsenen beträgt

die horizontale Ausdehnung des beidäugigen Gesichtsfeldes ca. 180°. Vertikal dehnt sich das Gesichtsfeld ca. 60° nach oben und 70° nach unten aus. [AXE-80]

Daher wird die genutzte Bildschirmfläche vertikal in 5 Abschnitte im Querformat unterteilt. Die Anzahl der Kombinationsmöglichkeiten der  $n = 5$  Funktionen auf ebenso vielen Abschnitten errechnet sich als (vgl. [MAI-16h, S. 64]):

$$\text{Variantenzahl} = n! = 5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 120 \text{ Möglichkeiten} \quad (7.7)$$

Um das Problem der Verteilung zu vereinfachen wird auf die Erkenntnisse aus Kapitel 3.1.3 zurückgegriffen. Die Funktionen werden dafür zunächst auf die ersten zwei der drei Variablen Anwendungshäufigkeit, Gebrauchsdauer und Lagefaktor hin untersucht. Um das Produkt der Faktoren zu minimieren (vgl. Kapitel 3.1.3 Formel 7.5), wird daraufhin einer Funktion mit hoher Anwendungshäufigkeit und Gebrauchsdauer ein möglichst geringer Lagefaktor zugewiesen (Tabelle 3.7) (vgl. Kapitel 3.1.3).

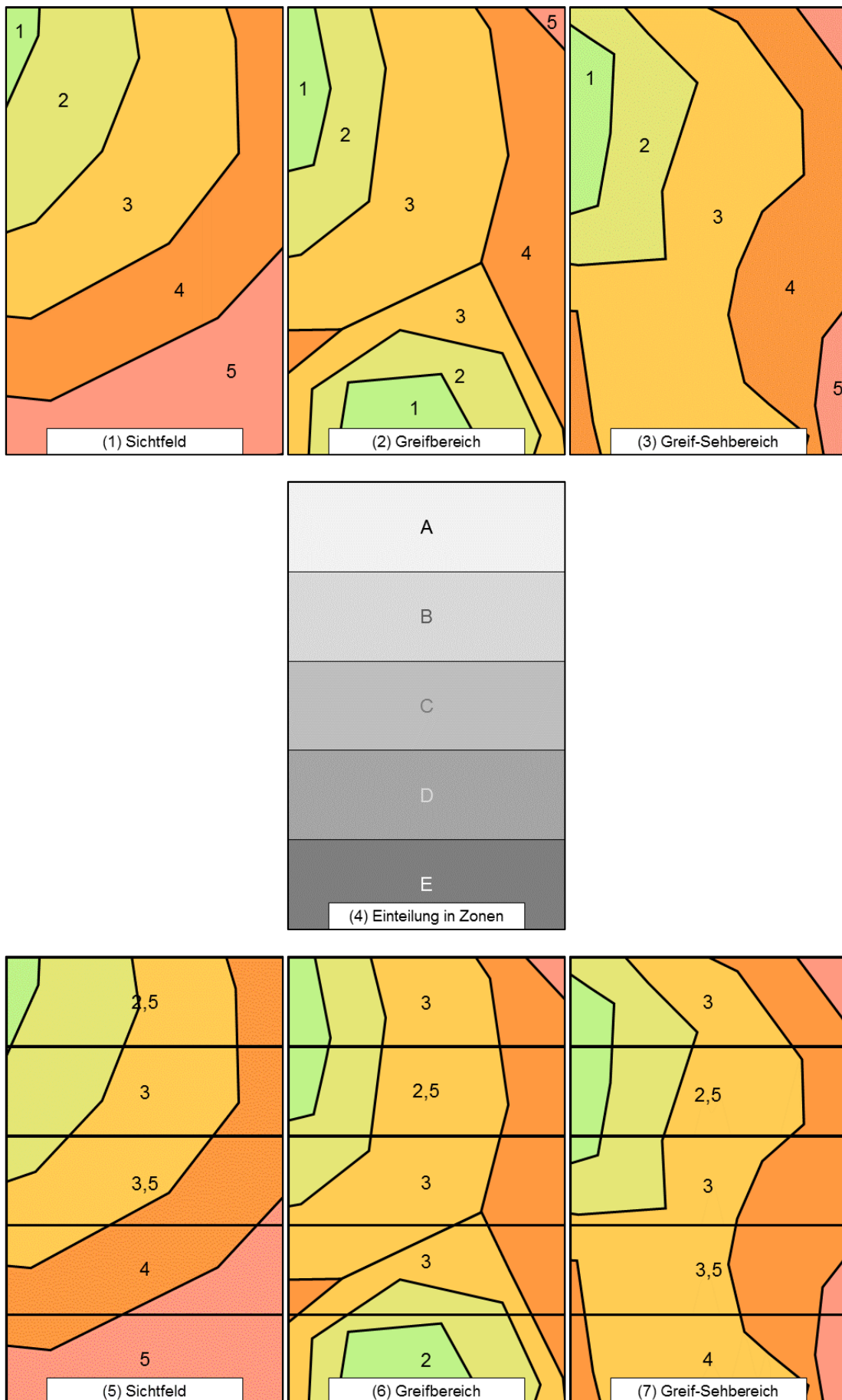
Funktionsmodul	Anwendungshäufigkeit $H_i$	Gebrauchsdauer $D_i$	Produkt	Rang (absteigend)	Kategorie G/S/G+S
<b>Navigation</b>	1,81	3,93	7,11	1	S
<b>Klimaanlage</b>	2,37	2,40	5,68	2	G
<b>Telefonie</b>	1,5	3,47	5,21	3	G+S
<b>Audio</b>	2,24	2,13	4,77	4	G+S
<b>Sicherheit</b>	1,76	2,29	4,03	5	G

**Tabelle 3.7:** Ermittlung des optimalen Lagefaktors anhand Formel 7.5; eigene Darst.

Die Werte für Anwendungshäufigkeit und Gebrauchsdauer kommen aus der zuvor durchgeführten Umfrage (siehe Anhang, Kapitel 7.3). Dabei wurden die Funktionen von den Umfrageteilnehmern ( $n = 62$ ) nach der aus Kapitel 3.1.3 bekannten Klassifizierung mit 1 bis 5 bewertet. Um von den Werten für die einzelnen Funktionselemente auf die Werte der Funktionsmodule schließen zu können, wird jeweils der Mittelwert gebildet. Der Rang der Funktionsmodule entspricht der Notwendigkeit eines geringen Lagefaktors. Um dies auf eine Positionsempfehlung übertragen zu können, muss das Funktionsmodul einer von drei Kategorien zugeordnet werden (vgl. Kapitel 3.1.3):

- hauptsächlich Betätigung und weniger Ablesen: Bezug Greifbereich
- hauptsächlich Ablesen und weniger Betätigung: Bezug Sichtfeld
- Kombination Betätigung und Ablesen: Bezug Greif-Sehbereich

Die Zuordnung beruht auf den Funktionselementen. Wird eine Funktion nur durch Betätigung und Benutzung ausgelöst (z. B. Warnblinklicht aktivieren und deaktivieren oder Verstellen der Temperatur), muss der Greifbereich beachtet werden. Ablesen und Anzeigen von Informationen wie z. B. die Karte des Navigationssystems oder Titelinformationen bei der Musikwiedergabe setzt die Beachtung des Sichtfeldes für die optimale Position voraus. Diese Überlegungen sind auf der folgenden Seite (Bild 3.6) visualisiert.



**Bild 3.6:** Bereichszuordnung Lagefaktor  $X_i$ ; eigene Darstellung (vgl. Kapitel 3.1.3)



Dargestellt sind Sichtfeld (1), Greifbereich (2) und die Kombination beider Bereiche als Greif-Sehbereich (3) über einer Fläche, die der Touchscreen-Fläche entspricht (vgl. Kapitel 3.2.2). Dies entspricht einem Ausschnitt aus Bild 3.1 (vgl. Kapitel 3.1.3). Den Bereichen sind die entsprechenden Werte von 1 bis 5 zugeordnet. Die vertikale Fläche wird nun in horizontale Streifen unterteilt (4). Um den einzelnen Zonen Werte zuzuordnen, wird jeweils pro Zone der gewichtete Mittelwert aller innenliegender Werte genommen und auf 0,5 gerundet ((5), (6) und (7)). Da nur Funktionsmodule und die Zonen betrachtet werden, sind keine Werte unter 2,5 möglich. Das Interfacemodul wird so bewertet, als müsse es in seiner Gänze bedient oder gesehen werden können. Eine weitere Unterteilung (nach (1), (2) und (3)) findet mit steigender Komplexität der Interfacemodule statt (siehe weiterführend Kapitel 3.3). Die Zuordnung der Module zu den Flächen A, B, C, D und E (4) findet nach dem Ausschlussverfahren in Rangreihenfolge statt (Tabelle 3.8).

Funktionsmodul	Rang (absteigend)	Kategorie G/S/G+S	Mögliche Flächen (aufsteigende Rangfolge)	
<b>Navigation</b>	1	S	A, B, C, D, E	→ A
<b>Klimaanlage</b>	2	G	E, C/D, B, A	→ E
<b>Telefonie</b>	3	G+S	B, A/C, D, E	→ B
<b>Audio</b>	4	G+S	B, A/C, D, E	→ C
<b>Sicherheit</b>	5	G	E, C/D, B, A	→ D

↓  
Vorgehen

**Tabelle 3.8:** Zuordnung Funktionsmodul zu Fläche; eigene Darstellung

Da die Anordnung der Funktionsmodule danach bekannt ist, lässt sich der Lagefaktor und damit der Ablenkungsgrad bestimmen (Tabelle 3.9).

Funktionsmodul	Anwendungshäufigkeit $H_i$	Gebrauchsdauer $D_i$	Lagefaktor $X_i$	Ablenkungsgrad
<b>Navigation</b>	1,81	3,93	2,5	17,78
<b>Klimaanlage</b>	2,37	2,40	2	11,36
<b>Telefonie</b>	1,5	3,47	2,75	14,31
<b>Audio</b>	2,24	2,13	3,25	15,51
<b>Sicherheit</b>	1,76	2,29	3	12,09

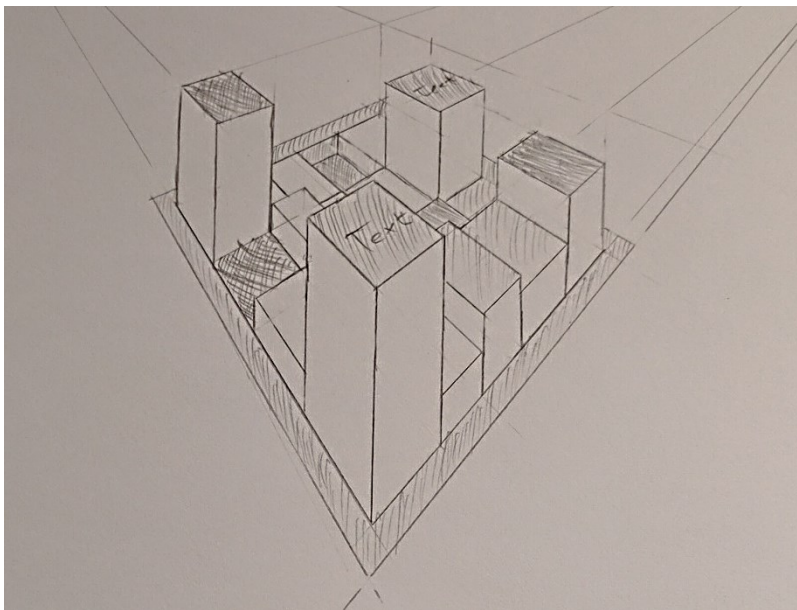
**Tabelle 3.9:** Bewertung und Ablenkungsgrad Funktionsmodule; eigene Darst.

Der Lagefaktor von Telefonie und Audio errechnet sich aus dem Mittelwert der Lagefaktoren des Sichtfeldes und des Greifbereichs der zugeordneten Fläche (Formel 7.6). Die restlichen Lagefaktoren sind aus (5) und (6) abgelesen. Die Tabelle soll im weiteren Entwicklungsverlauf ergänzt und aktualisiert werden. Ziel ist, den Ablenkungsgrad zu reduzieren. Der hier errechnete Ablenkungsgrad wird daher als Maximalwert einer Bereichsforderung in die Anforderungsliste übernommen.

### 3.2.4 Konzeption von hybriden Interfaceelementen

Ein hybrides Interfaceelement vereint die Eigenschaften von realen und virtuellen Interfaceelementen. Es sind Form, Farbe und Grafik veränderlich (siehe Kapitel 2.1). In diesem Kapitel werden fünf Konzepte solcher hybriden Interfaceelemente vorgestellt.

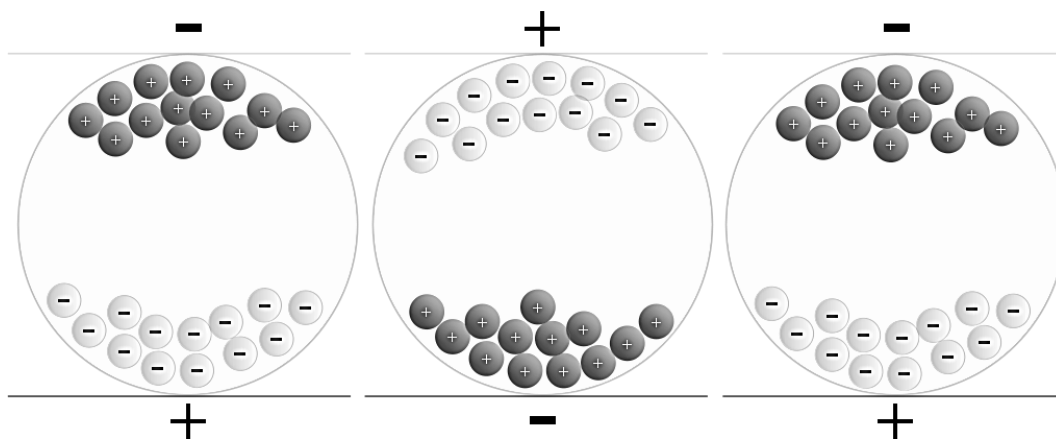
Im ersten Konzept sind Quader in einem Rahmen einzeln in der Höhe veränderlich (Bild 3.7). Die Oberseiten der Quader sind Displays, auf denen Farbflächen oder Text angezeigt werden können. Der Aufbau (Quader in Rahmen) ist unveränderlich. Die Form (Geometrie und Symmetrie) ist ebenso wie Farbe und Grafik veränderlich.



**Bild 3.7:** Hybrides Interfaceelement (1); eigene Darstellung

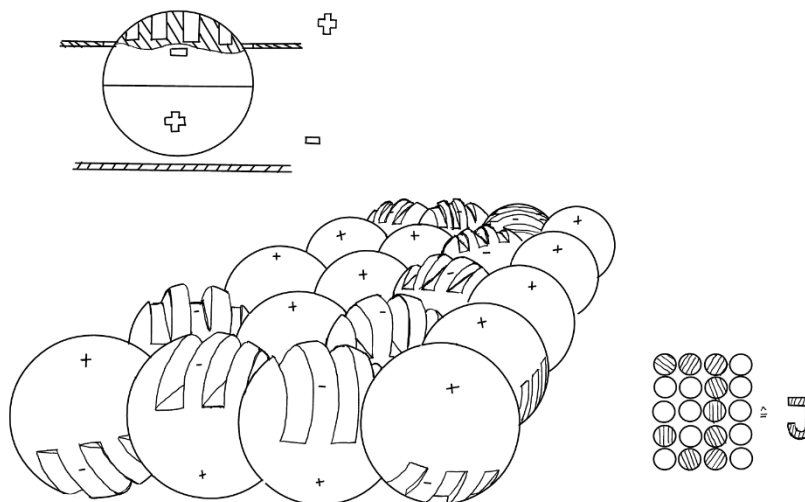
Werden die Quader wie einzelne Pixel betrachtet, auf deren Oberseite jeweils eine LED (Light-Emitting Diode) sitzt, kann mit einer Mehrzahl Quader ein Display gebildet werden. Auf diesen können, wie auf zweidimensionalen Bildschirmen Objekte oder Text abgebildet werden. Durch die in der Höhe veränderlichen Pixel (vgl. BliTab [BLI-16] in Kapitel 2.5.4.2) entsteht eine mögliche dritte Dimension. Unter dem Gesichtspunkt geringer Ablenkung bei der Bedienung ist die Möglichkeit der Blindbedienung hervorzuheben. Durch das Anheben jener Pixel, die die Ränder von Schaltflächen darstellen ist ein Erfühlen dieser möglich. Um ungewollte Eingaben zu verhindern erfasst die hydraulische Steuerung der Quader den Druck auf die Pixel innerhalb eines Bereiches. Erst bei stärkerem Druck durch den Finger des Nutzers wird die Aktion ausgelöst. Die Form des Interfaceelements ist frei anpassbar, weshalb Schaltflächen nicht ortsfest sind. Als Reaktion auf eine Eingabe kann sich das dreidimensionale Display verformen. Zum Beispiel kann bei der Darstellung eines digitalen Atlas das Höhenprofil einer Karte fühlbar gemacht werden. Beim Wechseln der Karte bzw. des Maßstabes werden die Pixel sowohl dem Farb- und Grafik- als auch dem Formprofil angepasst.

Das zweite Konzept basiert auf dem Prinzip der E-Ink Technologie. Dabei befinden sich in durchsichtigen hohlen Kugeln (Ink-Kapseln) zwei verschiedene Arten Ink-Partikel, die unterschiedlich geladen sind. Im Schwarz-Weiß-E-Ink Display sind beispielsweise schwarze Partikel positiv und weiße Partikel negativ geladen. Die Partikel können sich frei in einer durchsichtigen Flüssigkeit bewegen. Werden die durchsichtigen Elektroden über und unterhalb der Ink-Kapseln mit unterschiedlichen Potentialen geladen, richten sich die Partikel entsprechend aus (Bild 3.8). [EIN-16]



**Bild 3.8:** Funktionsweise einer elektrophoretischen Anzeige [WIK-07]

Das Konzept für ein hybrides Interfacelement sieht vor, dass sich nicht das Kugellinnere, sondern vielmehr die ganze Kugel bewegt. Die Kugel besteht aus zwei Hälften, von der eine positiv und die andere negativ geladen ist (Bild 3.9).



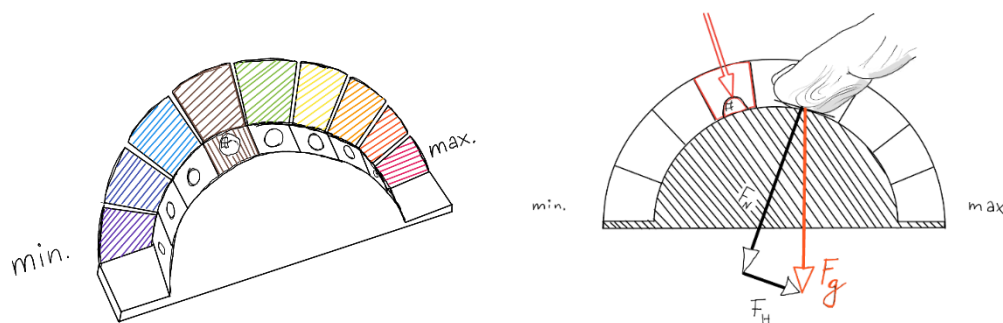
**Bild 3.9:** Hybrides Interfacelement (2); eigene Darstellung

Eine der Kugelhälften weist eine fühlbar höhere Oberflächenrauheit auf, als die andere. Im Bild sind die Kugeln beispielsweise auf der Negativseite zu  $\frac{1}{4}$  mit Nuten versehen, während die andere Hälfte glatt ist. Zwei Elektroden sollen dabei je nach Potential die

Kugel drehen. Um ein Herausfallen der Kugeln aus einem Pixel-Raster zu verhindern, entspricht die Elektrode auf der Displayoberseite einem Haltegitter. Die Kugel ragt gerade so weit (hier zu einem Viertel) aus dem Gitter, dass die Oberfläche fühlbar ist. So können Formen aufgrund der lokal unterschiedlichen Oberflächenrauheit erföhlt werden. Im Beispiel ist hier der Buchstabe J dargestellt. Je nach Fertigungspräzision können feinere Formen und unterschiedliche Oberflächen haptisch dargestellt werden.

Da ähnlich wie bei E-Ink Displays nur zum Ändern der Bildschirmoberfläche Spannung angelegt werden muss, kann unter der unteren Elektrode die Technik eines induktiven Touchscreens verbaut werden. Da mit einem solchen Touchscreen auch Eingaben ohne direkte Berührung (also durch eine dazwischenliegende Schicht) möglich sind, kann das hybride Interfaceelement sowohl zur Anzeige als auch zur Eingabe dienen. Alternativ ist auch die Nutzung eines DST-Touchscreens möglich (Dispersive-Signal-Technology). Diese Technologie beruht auf der Messung der Stärke der Durchbiegung des Displays unter Druck. Auch die Verwendung von Piezoelementen an den Bildschirmecken zur Bestimmung der Position des Fingers ist möglich. Beide letztgenannten Technologien lassen es darüber hinaus zu, die Druckstärke zu messen. So können Formen erföhlt werden, ohne sofort eine Eingabe auszulösen. [ZÜH-12, S. 215 - 217]

Ein weiteres Konzept wird von der Bedienweise von Drehschaltern abgeleitet. Ein rundes oder halbrundes reales Element (Zylinderabschnitt) dient dabei als Ankerpunkt. Dieses reale Element ist auf einem Touchscreen fixiert (Bild 3.10).

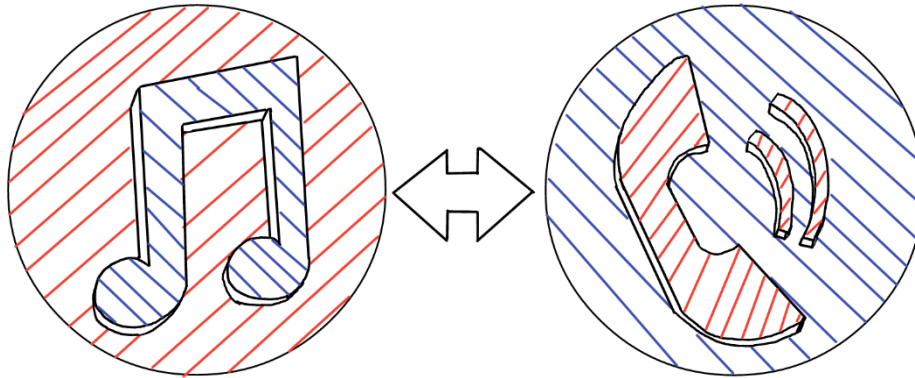


**Bild 3.10:** Hybrides Interfaceelement (3); eigene Darstellung

Mit einem Finger kann über die Mantelfläche des Zylinders gestrichen werden. Berührt der Finger dabei den Touchscreen, wird eine Eingabe ausgelöst. So kann beispielsweise die Temperatur der Klimaanlage geregelt werden. Die virtuelle Fläche ist in Segmente unterteilt, ebenso wie auch die Mantelfläche des Zylinders. Durch die auf den Finger wirkende Gewichts- und die daraus resultierende Normalkraft bzw. deren Gegenkräfte kann erföhlt werden, wo sich der Finger auf der Mantelfläche befindet. Minimum und Maximum der Skala werden durch Endplatten markiert, um den Bereich zu begrenzen. Ist ein Segment ausgewählt (im Bild das braune Segment bzw. das vierte Segment im Uhrzeigersinn von links), wird im Zylindermantel eine Erhebung (z. B. in Form einer Luftblase) ausgeprägt. So ist es möglich auch blind den momentan eingestellten Wert, beispielsweise der

Temperatur, zu erföhlen. Zugleich ist dieser Wert auch ohne Berührung über das virtuelle Element ablesbar.

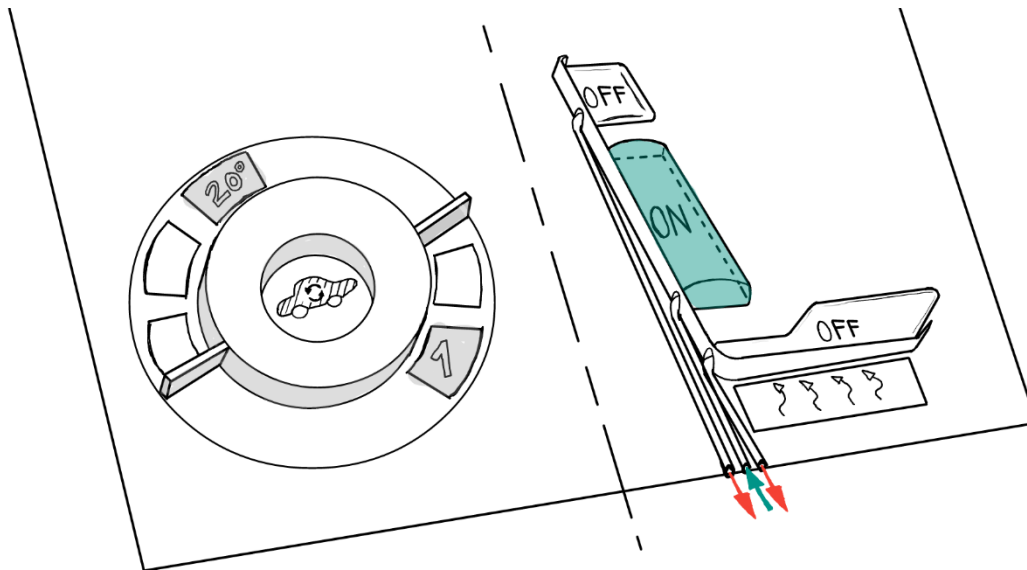
Um diese Möglichkeit auch für Druckknöpfe zu gewährleisten, wurde das Konzept des hybriden Knopfes erdacht (Bild 3.11).



**Bild 3.11:** Hybrides Interfaceelement (4); eigene Darstellung

Es handelt sich hierbei um einen Druckknopf, auf dessen Oberfläche durch ein niedrig auflösendes Display oder die Hintergrundbeleuchtung die Funktion angezeigt wird, die durch einen Knopfdruck ausgelöst werden kann. Im linken Beispiel von Bild 3.11 ist links die aktuelle Funktion Musikwiedergabe (Farbthema Blau bzw. 45° rechts-schraffiert). Der Hintergrund zeigt an, dass durch eine Betätigung des Knopfes die Telefonfunktion (Farbthema Rot bzw. 45° links-schraffiert) ausgelöst wird. Zusätzlich zur visuell erkennbaren Mehrfachbelegung des Knopfes ist die aktuelle Funktion haptisch wahrnehmbar. Im linken Beispiel ist also das Icon für die Musikwiedergabe fühlbar. Wird der Knopf gedrückt, ändern sich sowohl Hintergrundfarbe (hier von Rot in Blau) als auch das fühlbare Icon (vom Musikicon zum Telefonicon).

Den momentanen Zustand fühlbar zu machen, ist auch das Ziel des nächsten gezeigten Konzeptes. Der in Bild 3.12 vorgestellte Entwurf beinhaltet auch eine Variante eines Rundinstrumentes, das auf dem Konzept aus Bild 3.10 basiert. Hier wurde neben Skalen für Temperatur und Belüftungsstärke auch noch ein Knopf für die Umluft-Funktion vorgesehen.



**Bild 3.12:** Hybrides Interfaceelement (5); eigene Darstellung

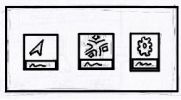

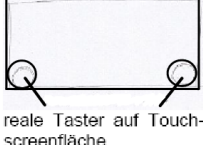


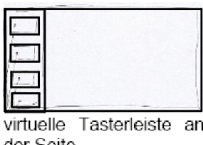
Der Fokus soll aber auf dem Interfaceelement liegen, das die rechte Bildhälfte einnimmt. Hier ist die Form eines Sitzes dargestellt, um verschiedene Belüftungs-Zonen zu symbolisieren. Als Ankerpunkt ist eine reale Auflageleiste vorgesehen, die an der Rück- und Unterkante des Sitzes verläuft. Ist eine Belüftungszone aktiv, wird also der Luftstrom von der Klimaanlage an diesen Bereich geleitet, so werden an dieser Stelle Luftpolster aufgepumpt. Alternativ ist auch eine dreidimensionale Oberfläche auf hydraulischer Basis (Einsatz von Fluid) möglich, wie in Kapitel 2.5.4.2 beschrieben (vgl. Tactus, [TES-13]).

Allen Konzepten gemein ist die Möglichkeit der Blindbedienung. Dies soll die visuelle Ablenkung auf ein Minimum reduzieren. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings die erhöhte biomechanische Ablenkung. Eine erhöhte kognitive Ablenkung kann durch einen Lernprozess vermieden werden. (vgl. Kapitel 2.3)



### 3.2.5 Zuordnung von Lösungsprinzipien

Mithilfe eines morphologischen Kastens werden den zuvor räumlich angeordneten Funktionen Bedienelemente zugewiesen (siehe Anhang, Kapitel 7.5). Jeder Funktion wird mindestens eine Teillösung zugeordnet. Dafür wurden Skizzen zur Veranschaulichung verschiedener Lösungsprinzipien angefertigt (Tabelle 3.10).

Teilfunktionen	Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5
<b>Navigation</b>					
Karte anzeigen	 virtuelle Schaltflächen	 reale Taster mit Handauflage	 reale Taster auf Touchscreenfläche	Karte immer sichtbar	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
gesamte Route anzeigen	 Schaltflächen und Navigationsinformationen werden zusätzlich eingeblendet und lassen sich ausblenden	 reale Taster mit Handauflage	 virtuelle Tasterleiste an der Seite	Immer gesamte Route anzeigen; Abbiegedetails werden eingeblendet	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
Adresseingabe	virtuelle Tastatur (QWERTZ)	reale Tastatur (T9)	Buchstabenauswahl über Dreh-Drücksteller (vgl. [DAI-16])	Buchstabeneingabe (zeichnen) über Touchpad (vgl. [AUD-16])	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird

**Tabelle 3.10:**Morphologischer Kasten (Ausschnitt); eigene Darstellung

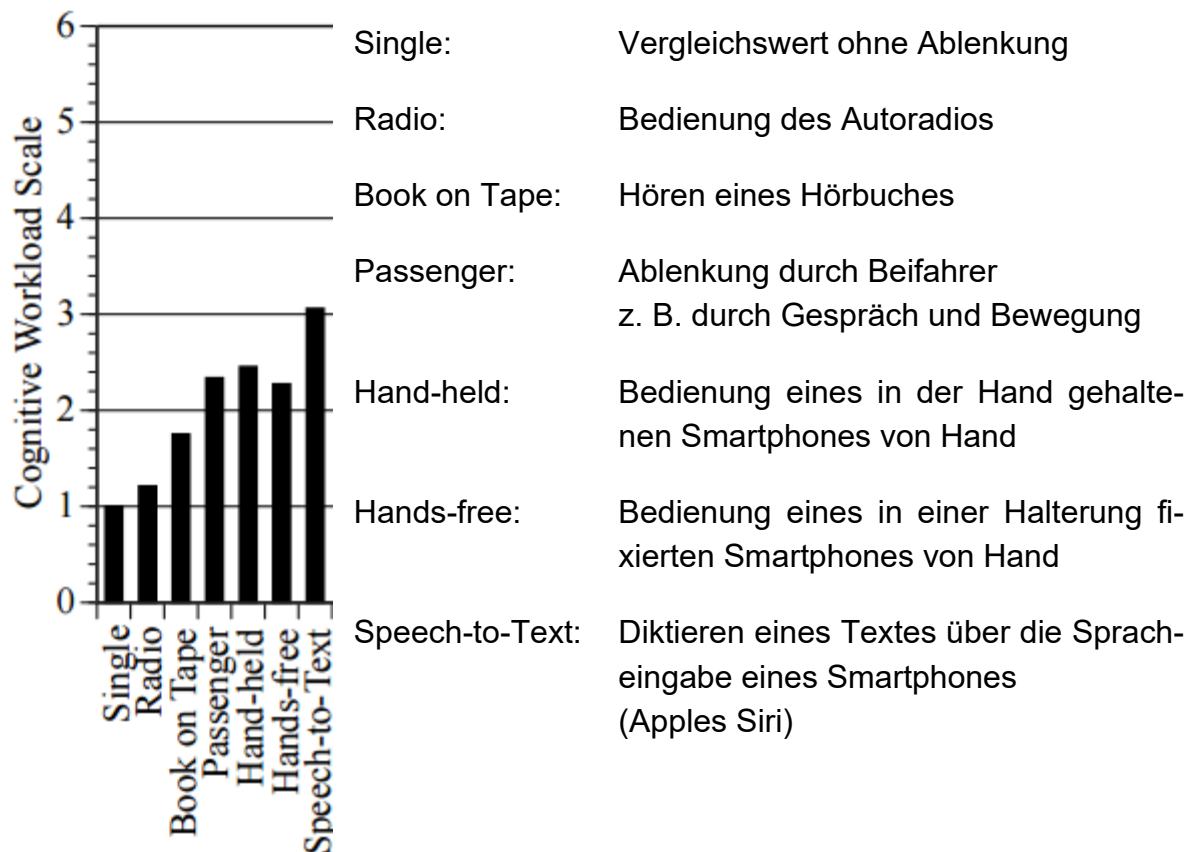
Für das Warnblinklicht gelten gesonderte, vom Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz definierte, Vorgaben:

- "Für die Schaltung muss im Kraftfahrzeug ein besonderer Schalter vorhanden sein.
- Nach dem Einschalten müssen alle am Fahrzeug [...] vorhandenen Blinkleuchten gleichzeitig mit einer Frequenz von  $1,5 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ Hz}$  (90 Impulse  $\pm$  30 Impulse in der Minute) gelbes Blinklicht abstrahlen.
- Dem Fahrzeugführer muss durch eine auffällige Kontrollleuchte [...] angezeigt werden, dass das Warnblinklicht eingeschaltet ist." [BUN-16]

Die Vorgaben werden als Festforderung in die Anforderungsliste übernommen.

Den meisten Funktionen kann das Lösungsprinzip "Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird" zugeordnet werden. Wird eine Sprachbedienung zur Steuerung des Infotainment-Systems genutzt, kann auf viele Schaltflächen verzichtet werden (z. B. Warnblinklicht muss als Schaltfläche vorhanden sein (s. o.)). Jedoch weist die American Automobile Association (AAA) darauf hin, dass Sprachsteuerung zu einer erhöhten Fahrerablenkung führen kann. [ZDN-14]

Die kognitive Ablenkung sei "drastisch" und der Grad der Ablenkung sei höher, als bei der Bedienung eines in der Hand gehaltenen Smartphones (Untersuchung des AAA gemeinsam mit Forschern der University of Utah im Jahr 2014) [PCW-14b] (Bild 3.13).



**Bild 3.13:** Ablenkungsgrad von Sekundäraufgaben im Vergleich; [STR-15]

Im Vergleich ist die Ablenkung durch Sprachbedienung (in der Untersuchung Apples Sprachassistentin Siri) ca. 36 % höher, als durch die Bedienung eines im Auto fixierten Touchscreens (ein in einer Halterung fixiertes iPhone) [STR-15]. Untersucht wurde auch, wie sich die sprachgesteuerte Interaktion mit verbreiteten Infotainmentsystemen der Autohersteller auswirkt. Auf der Skala aus Bild 3.13 eingeordnet erreichte dabei Toyotas Entune-System mit 1,7 Punkten im Schnitt die geringste kognitive Ablenkung – vergleichbar etwa dem Anhören eines Hörbuchs. Die Bedienung von Chevrolts MyLink hingegen führte zu besonders hoher Ablenkung (3,7). Dazwischen lagen Hyundai Blue Link (2,2), Chrysler Uconnect (2,7), Ford SYNC mit MyFord Touch (3,0) sowie Mercedes Command (3,1), was in etwa dem Ergebnis von Apples Sprachassistentin Siri entspricht. [ZDN-14]

Das Ziel, eine insgesamt möglichst geringe Ablenkung bei der Bedienung zu erzielen, scheint beim momentanen Stand der Technik durch Sprachsteuerung nicht möglich zu sein (s.o. sowie [COO-10, S. 200]). Daher wird davon abgesehen, eine Sprachsteuerung in das hybride Interface zu integrieren.



### 3.2.6 Konzeption von Gestaltungsvarianten

Wie in [PON-11, S. 301] beschrieben entstehen aus verschiedenen gewählten Wegen durch den morphologischen Kasten Gestaltungsvarianten (Morphologischer Kasten im Anhang, Kapitel 7.5). Die verschiedenen Wege durch den morphologischen Kasten wurden mit gefärbtem Papier umgesetzt (vgl. Paper Prototyping Kapitel 2.2.3). Die drei Varianten wurden mehreren Testpersonen im Alter von 19 bis 53 Jahren vorgelegt (n = 7). Mithilfe des Feedbacks der Testpersonen wurde eine Variante zur finalen Umsetzung ausgewählt (Tabelle 3.11). Diese wird im nächsten Kapitel angepasst und weiterentwickelt.

Teilfunktionen	Lösung
<b>Navigation</b>	
Karte anzeigen	reale Taster auf Touchscreenfläche
gesamte Route anzeigen	reale Taster mit Handauflage
Adresseingabe	Buchstabeneingabe (zeichnen) über Touchpad
<b>Klima/Komfort</b>	
Temperatur Einstellung	hybrider Drehregler
Einstellung der Gebläsestärke	hybrider Drehregler
Klimaanlage	hybride Schaltfläche
Sitzheizung	Realer Taster
Scheiben enteisen	Realer Taster
<b>Audiowiedergabe</b>	
voriges/nächstes Lied	Wischen über Display (horizontal)
Wechsel zwischen Medien	Wischen über Display (vertikal)
<b>Telefonie</b>	
Kontakt anrufen	Kontaktkarten auswählbar
Anruf annehmen	Druck auf Display (egal wo)
<b>Sicherheit</b>	
Warnblinklicht	Realer Taster in Dreiecksform
<b>Andere</b>	
Uhrzeit anzeigen	Digitale Darstellung (Zahlen und Ziffern)

**Tabelle 3.11:** Gewählte Lösungsvariante; eigene Darstellung

Die Entscheidungen sind einerseits mit dem Gefallensurteil der Testpersonen und andererseits mit den begrenzten Möglichkeiten bei der Umsetzung mit dem Programm Intuiface Composer zu begründen. Am Beispiel der Navigation wird die Entscheidung für die in Tabelle 3.11 festgelegte Lösungsvariante begründet.

Die Verwendung virtueller Schaltflächen wie in Variante 2 wurde von den Testpersonen abgelehnt, da die Karte immer mindestens im Hintergrund sichtbar sein sollte. Ein Startbildschirm mit mehreren Icons führte bei der Bedienung zu mindestens einem zusätzlichen Druck auf den Bildschirm um eine Funktion auszuwählen, wenn man zu Fahrtbeginn

die Karte als Übersicht aktiviert hatte. Da dies bei vielen Fahrern der Fall ist (Angabe einer Häufigkeit von "sehr häufig" bis "oft" von 33,87% in der Online-Umfrage, siehe Anhang, Kapitel 7.3), fiel die Entscheidung gegen die Umsetzung dieser Variante. Das Anzeigen der aktuellen Routenübersicht sollte möglichst simpel geschehen, da sich einige Testpersonen bei zu vielen Informationen darin überfordert sahen, die gesuchte Information (z. B. Zeitpunkt der Ankunft) mit nur einem kurzen Blick zu erfassen. Die Positionierung von Schaltflächen an der Seite führte zu einer größeren Entfernung der angezeigten Karte und eventueller weiterer Schaltflächen vom Fahrer weg.

Daher wurde die Entscheidung getroffen, zwei ortsfeste Schaltflächen rechts und links unten in den Kartenecken umzusetzen. Diese sollen je nach momentaner Anzeige verschiedene Funktionen bedienen können. Da sie ortsfest liegen, können sie von einer Leiste zur Handauflage unterstützt werden und sind bereits nach einer kurzen Lernphase auch blind zu finden. Dies haben Tests mit Papier-Prototypen gezeigt. Die Adresseingabe soll durch Handschrifterkennung geschehen. Dabei werden einzelne Buchstaben und Zahlen einer Adresse auf einem Touchpad auf dem Getriebetunnel gezeichnet (vgl. MMI Navigation Plus Touch von Audi [AUD-16] sowie [RAN-15]). Mit der vorhandenen Hard- und Software ist eine Umsetzung dieser Eingabemethode jedoch nicht möglich. Zudem wird nur jener Interfacebereich betrachtet, der sich in der Mittelkonsole befindet. Eine alternative Methode der Adressauswahl wird in Kapitel 3.3.1 ausgewählt. Weitere Anpassungen des Konzepts auf Basis von Feedback durch Testpersonen während der Entwurfsphase sowie durch Hard- und Software gegebene Grenzen der Machbarkeit werden im folgenden Kapitel behandelt.

### 3.3 Entwerfen

In der Entwurfsphase wird die Gesamtgestalt des Produktes herausgearbeitet. Die Funktionsmodule wurden im vorigen Kapitel auf der Bedienoberfläche angeordnet (Kapitel 3.2.3). Aus den Bedienprinzipien (auf welche Art läuft die Bedienung ab [DUD-16e]? Kapitel 3.2.6) werden im Folgenden Bedienelemente (über wie gestaltete Interfaceelemente wird die Bedienung durchgeführt [DUD-16d]?) entwickelt.

#### 3.3.1 Anpassungen des Konzepts

Neben dem Feedback der Testpersonen sind auch durch die Einschränkungen des verwendeten Programms und der Hardware Anpassungen vorzunehmen. Anpassungen des ursprünglich gewählten Weges durch den morphologischen Kasten werden wie folgt vorgenommen.

Die Funktionsweise realer Taster und Schalter wird simuliert. Hierfür werden virtuelle Taster verwendet (mit IntuiFace Composer umgesetzte Schaltflächen). Über deren Positionen werden Knopfattrappen aus Papier mit entsprechender Beschriftung auf die Displayschutzfolie aufgeklebt. Eine Bedienung der virtuellen Schaltfläche durch die Papier- und Folienschicht ist weiterhin möglich.

Die Funktion "gesamte Route anzeigen" ist softwareseitig nicht umsetzbar. Es ist in der Software möglich, auf einer zoom- und bewegbaren Straßenkarte Objekte zu fixieren. Der momentane Standort kann so markiert werden. Jedoch bleiben Größe und Anordnung zueinander bei Vergrößerung der Karte konstant. Die Objekte als Route anzuordnen funktioniert so nur für eine Zoomstufe, weshalb darauf verzichtet wird. Für die Adresseingabe wurde die Buchstabeneingabe über ein Touchpad ausgewählt. Dieses würde sich im optimalen Greifbereich unten (vgl. Kapitel 3.1.3 und 3.2.3) bzw. auf dem Getriebetunnel befinden (vgl. [AUD-16]). Dieser Bereich und das Eingabegerät kann mit der vorhandenen Hard- und Software nicht simuliert werden, da IntuiFace Composer keine Berührungspfade aufzeichnen und verwerten kann und im Programm auch keine Schnittstelle für einen weiteren Touchscreen vorgesehen ist. Daher soll stattdessen, ein Ziel aus einigen Favoriten gewählt werden. Während das Aktivieren und Deaktivieren der Klimaanlage durch einen Taster umgesetzt werden wird, wird die dafür vorgesehene hybride Schaltfläche stattdessen an anderer Stelle genutzt. Der Ort, an den die Belüftungsdüsen im Autoinnenraum blasen (Frontscheibe, Oberkörper und Füße des Fahrers) soll demnach durch eine hybride Schaltfläche eingestellt werden können.

Der Wechsel zwischen den Medien durch vertikales Wischen wurde von allen Testpersonen als nicht intuitiv wahrgenommen. Die Methode konnte jedoch schneller als ein Tastendruck und ohne Blick auf das Display durchgeführt werden. Der Wechsel soll daher sowohl durch Wischen, als auch durch die Betätigung von Direktzugriff-Tastern möglich sein (vgl. Anforderung "keine Untermenüs" in der Anforderungsliste sowie "WY-

SIWYG", Kapitel 3.1.3). Die Eingewöhnungszeit soll dadurch reduziert werden. Die Möglichkeit zur Blindbedienung ist darüber hinaus zusätzlich vorhanden, da für die Wischgeste ein sehr großer Bereich zwischen zwei Leisten genutzt werden kann. Um auf dem Display eine bessere Lesbarkeit von Schrift erreichen zu können, werden Audio- und Telefonmodul gemeinsam auf einer Fläche dargestellt (siehe unten). Die Displayfläche wird in drei Touchscreen-Flächen und zwei Knopfleisten unterteilt (siehe unten Bild 3.15). Eine Darstellung der Uhrzeit ist mit der Testversion von IntuiFace Composer nicht möglich.

Für Beschriftungen gelten die Regeln der Typografie und spezielle Normen, wobei das entscheidende Kriterium bei allen Schriften deren Lesbarkeit ist [DIN-6776]. Als Schriftart wird Arial gewählt, da es sich dabei um eine serifenfreie Schriftart handelt. Dies verbessert die Lesbarkeit [DIN-6776]. Die minimale Schrifthöhe wird durch folgende Formel festgelegt (vgl. [SCH-15b, S. 57] sowie [ISO-15008]):

$$\text{Schrifthöhe } h \text{ [mm]} \geq \frac{\text{Leseabstand [m]}}{0,3} \quad (7.8)$$

Für Bildschirme und damit für Touchscreens gilt die modifizierte Formel (nach [MAI-16c, S. 74]):

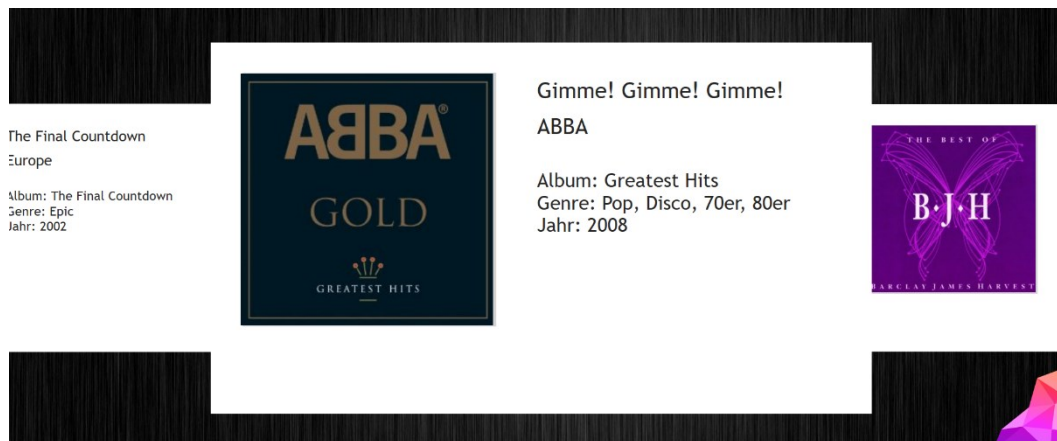
$$\text{Schrifthöhe } h \text{ [mm]} \geq \frac{\text{Leseabstand [mm]}}{190} \quad (7.9)$$

Es wird von einem maximalen Leseabstand von 800 mm ausgegangen. Einerseits aufgrund der Art der Anordnung im Versuch, andererseits aufgrund ermittelter Werte für Oberarmlänge, Abstand Ellbogen bis Fingerspitze und Winkel zwischen Ober- und Unterarm bei normaler Sitzhaltung im Fahrzeug aus [DIN-33408b, S. 2] (Sitzhaltung) und [DIN-33402] (Maße). Es folgt aus der Rechnung:

$$\text{Schrifthöhe } h \text{ [mm]} \geq \frac{800}{190} \approx 4,2 \text{ mm} \quad (7.10)$$

4,2 mm entsprechen im Programm IntuiFace Composer 18,018 px und somit Schriftgröße 20 in Arial (Formel 7.1) [INT-16]. Diese Schriftgröße wird im Navigationsmodul zur Beschriftung von Orten und Gebäuden (z. B. Institutsgebäude) verwendet.

Im Folgenden wird erklärt, weshalb größere Modulflächen zur besseren Ablesbarkeit notwendig sind. Bei der Entscheidung ist die Schriftgröße der Audiowiedergabe bzw. Telefonie maßgeblich. Ein erstes Entwurfskonzept sah das Interface eines Audio-Players wie folgt vor (Bild 3.14, Stand Kapitel 3.2.6).

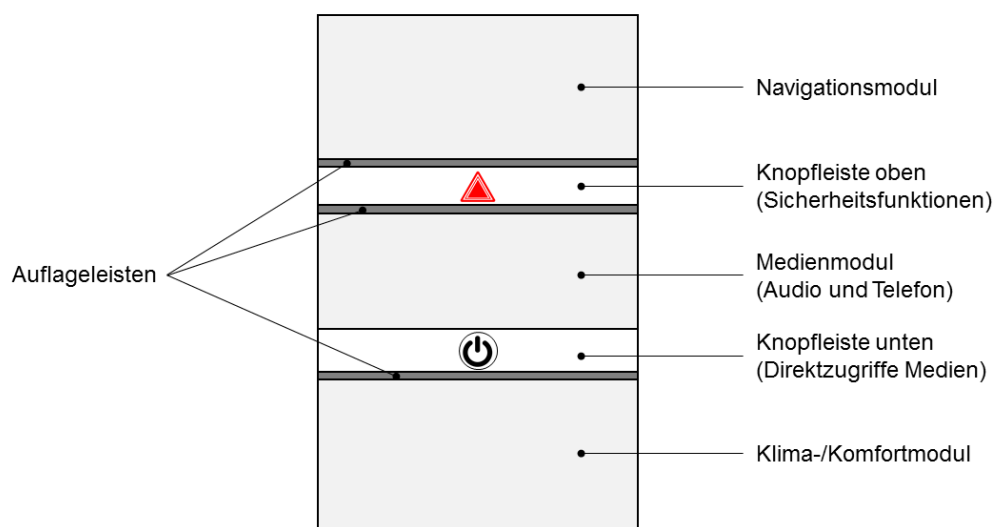


**Bild 3.14:** Konzept Interface Audio-Player; eigene Darst.

Bei der Audiowiedergabe sollen sowohl der Titelname als auch zusätzliche Information über das momentan wiedergegebene Lied angezeigt werden. Um die Lesbarkeit und Erkennbarkeit zu erhöhen, wird für den Titelnamen Schriftgröße 40 verwendet, für Zusatzinformationen Schriftgröße 30. Dies entspricht einer Schrifthöhe von ca. 9,1 mm bzw. 6,8 mm (nach Formel 7.1). Wird von einem maximal zweizeiligen Titel, drei Zeilen Zusatzinformation und einem Zeilenabstand von 5 mm ausgegangen (nach [ZÜH-12, S. 220]), errechnet sich das von Text eingenommene Feld mit einer Höhe von:

$$h [mm] = 2 * 9,1 mm + 3 * 6,8 mm + 4 * 5 mm = 58,6 mm$$

Wird ein Rand von 3 mm um Schriftfeld und Mediencover sowie ein Abstand von 5 mm ober und unterhalb der Medienkarte vorgesehen ergibt sich als notwendige Gesamthöhe des Interfacemoduls 74,6 mm was ca. 320 px entspricht. Da auch dem Navigationsmodul zur besseren Ablesbarkeit mehr Fläche zugeordnet werden soll, wird die Aufteilung der Touchscreen-Fläche aus Kapitel 3.2.3 angepasst. Die Fläche ist nun wie folgt aufgeteilt (Bild 3.15).



**Bild 3.15:** Aufbau hybrides Interface; eigene Darstellung

Horizontal zentriert sind das Warnblinklicht und der Knopf zum De-/Aktivieren des Interface vorgesehen. Sie bilden jeweils den Mittelpunkt einer Knopfleiste, auf der reale Knöpfe simuliert werden. Oben werden Sicherheitsfunktionen, wie die De-/Aktivierung des Elektronischen Stabilitätsprogrammes (ESP) und der Start-Stopp Funktion angeordnet. Unten sollen Direktzugriffe für die Mediensteuerung umgesetzt werden.

### **3.3.2 Entwerfen der Interfacemodule und -elemente**

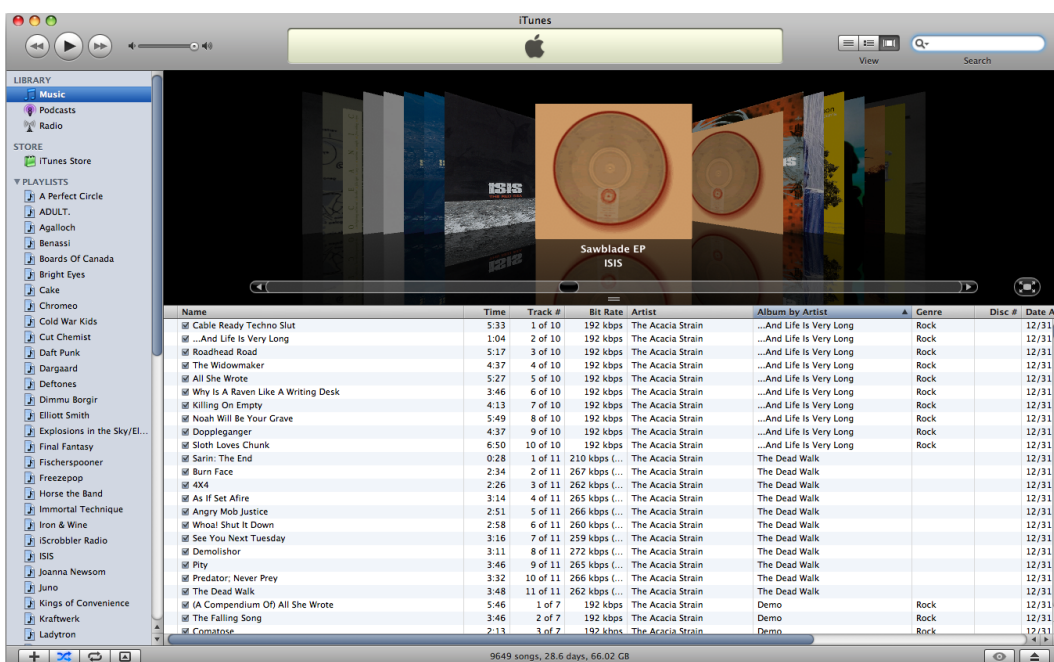
Um die Bediendauer so kurz wie möglich zu halten, müssen möglichst viele Szenarien der Bedienung durch den Nutzer bedacht werden. Bei ersten Tests wurden beispielsweise vier verschiedene Arten einen Radiosender zu wählen festgestellt:

- Tippen auf die im Frequenzband angezeigte Nummer
- Wischen des Frequenzbandes
- Wischen des Indikators über das Frequenzband
- Wischen der Senderinformation.

Um eine möglichst hohe Intuitivität zu gewährleisten und die Auswirkungen des Lerneffektes (vgl. Kapitel 2.3) auf die Untersuchungsergebnisse zu minimieren, müssten alle Möglichkeiten gegeben sein. Dies steht jedoch der Anforderung gegenüber die Komplexität des Interface möglichst gering zu halten. Eine hohe Komplexität der Programmstruktur (im Programm IntuiFace Composer) führt darüber hinaus zu Verzögerungen im Betrieb und längeren Ladezeiten. In Anlehnung an Dehning ist es daher notwendig wenige wichtige oder oft genutzte Eingabemethoden umzusetzen und auf andere zugunsten der Betriebsfestigkeit des Programmes zu verzichten [DEH-81, S. 6].

### 3.3.2.1 Medienmodul (Audio und Telefon)

Nach [GAL-97] sollen grafische Interfaces so gestaltet werden, dass die Funktionsweise des neuen Interface dem Nutzer bereits aus anderem Kontext vertraut und auf die Anwendung übertragbar ist [GAL-97, S. 81] (vgl. Vertrautheits-Prinzip in Kapitel 2.2.1, sowie Research-Phase des Goal-Directed Design in Kapitel 2.2.2). Hilfreich ist auch eine durchgängige Konsistenz bei der Wahl der Bedienelemente sowie deren Verhaltens bei der Bedienung (vgl. Begriffsverzeichnis und [DEH-81, S. 28]). Im Bereich der Medienbedienung wird der Wechsel zwischen gleichwertigen Objekten (beispielsweise zwischen zwei Liedern im MP3-Player) mittels eines Cover-Flows umgesetzt, wie er beispielsweise von Apple auf sämtlichen Plattformen zur Visualisierung von Objekten (Musik und Dateien) verwendet wird (Bild 3.16) [MAC-07].



**Bild 3.16:** iTunes Cover-Flow; [MAC-07]

In IntuiFace Composer ist die entsprechende Gruppierungsvorlage der Asset-Flow. Die Elemente innerhalb der Gruppierung werden in Form von Karten dargestellt. Jede Karte beinhaltet das Album-Cover, den Liedtitel, sowie zusätzliche Information zu Artist (Interpret), Album und Erscheinungsjahr. Durch horizontale Wischgesten können vorherige und nachfolgende Lieder ausgewählt werden. Eine Auswahl des nächsten und übernächsten (bzw. des vorherigen und vor-vorherigen) Liedes ist auch durch Tippen auf die noch sichtbaren Karten möglich. Angewandt wurden im Gegensatz zu vorangegangenen Konzepten (vgl. Bild 3.14) Galitz' formale Qualitäten der Proportion, Gruppierung, Ökonomie, Sequenz und Regelmäßigkeit (vgl. Tabelle 7.2). Die Abstände zwischen den kleineren Textzeilen sind gleich groß, während der Liedtitel gesondert in größerer Schrift oben steht. Um das Prinzip der Konsistenz zu gewährleisten geschieht die Bedienung der demselben Bereich zugeordneten Funktionen ähnlich. Ein Wechsel zwischen gleichwertigen Objekten ist sowohl bei der Radio- als auch bei CD- und Telefon-Funktion durch

horizontale Wischgesten möglich. Eine weitere Aktion kann durch Tippen auf die Karte im Vordergrund ausgelöst werden. Bei der Medienwiedergabe wird dabei das Lied pausiert, während das Tippen auf einen Telefonkontakt den gewählten Kontakt anruft.

In Anlehnung an das Funktionsprinzip von Tactus' Tactile Layers (Kapitel 2.5.4.2) werden Auflageleisten vorgesehen, die bei Bedarf aufgeblasen werden können. Diese befinden sich jeweils über die gesamte Breite des Moduls horizontal in der Mitte und an der Unterkante des Medienmoduls (Bild 3.17).



**Bild 3.17:** Position aufblasbare Leisten (graue Leiste); eigene Darstellung

Bei der Bedienung des Radios ist die obere Leiste aufgeblasen und kann als Führungsleiste bzw. als Ankerpunkt genutzt werden, um den Sender einzustellen. Ist die MP3-Funktion gewählt, wird aus dieser Leiste Luft abgelassen und in die untere Leiste gepumpt. Für CD und Telefon ist keine Unterstützung durch die Leisten vorgesehen, weshalb aus beiden die Luft abgelassen wird.

Der Darstellung der einzelnen Funktionen (Radio, MP3, CD und Telefon) steht jeweils der gesamte mittlere Bereich zur Verfügung. Es kann nur eine Funktion auf einmal angezeigt werden. Eine Anzeige mehrerer Funktionen zugleich ist nicht nur nicht nötig, da ein Wiedergabemedium ein anderes ausschließt, sondern auch aufgrund der geforderten guten Ablesbarkeit von Medieninformationen nicht ratsam (vgl. [SCH-15a, S. 80] sowie Formel 7.10 und Formel 7.5 in Kapitel 3.3.1). Zwischen den Funktionen kann durch vertikale Wischgesten gewechselt werden. Da die Übergangsanimation im Programm IntuiFace Composer nicht zuverlässig funktioniert (teilweise wird die Animation zwischen zwei Elementen angehalten, wodurch eine Bedienung beider nicht möglich ist), ist ein Wechsel auch über eine Knopfleiste möglich (Bild 3.18). In der Leistenmitte befindet sich darüber hinaus ein Taster, über dessen Betätigung das Interface gestartet bzw. beendet werden kann.



**Bild 3.18:** Knopfleiste; eigene Darstellung



### 3.3.2.2 Navigationsmodul

Für die Kartendarstellung wird auf den Kartenanbieter Mapbox zurückgegriffen, der ein Modul innerhalb von IntuiFace Composer anbietet [MAP-16]. Auf der Karte wird das IKTD, an dem die Studie stattfinden soll, als Mittelpunkt definiert und ein Symbol für den aktuellen Standort eingefügt (Bild 3.19 (2)). Über der Kartendarstellung wird im Kartenmodus der aktuelle Standort als Schriftzeile eingeblendet (3).



**Bild 3.19:** Navigationsmodul im Kartenmodus; eigene Darstellung

Mittels runder Schaltflächen, die in den unteren Ecken der Karte positioniert sind ((1) und (4)), können stets zwei Aktionen ausgelöst werden. Die rechte Schaltfläche (4) ist einfachbelegt. Mit Druck auf sie kann die Karte in jedem Modus auf den aktuellen Standort zentriert werden. Die linke Schaltfläche (1) ist je nach Modus unterschiedlich belegt. Im Kartenmodus (s.o.) ist die Anzeige mehrerer Zielkarten (Favoriten) möglich, deren Aktivierung den Navigationsmodus startet (Bild 3.20). Zwischen den Zielkarten kann durch einen erneuten Druck auf die Schaltfläche (1) gewechselt werden.



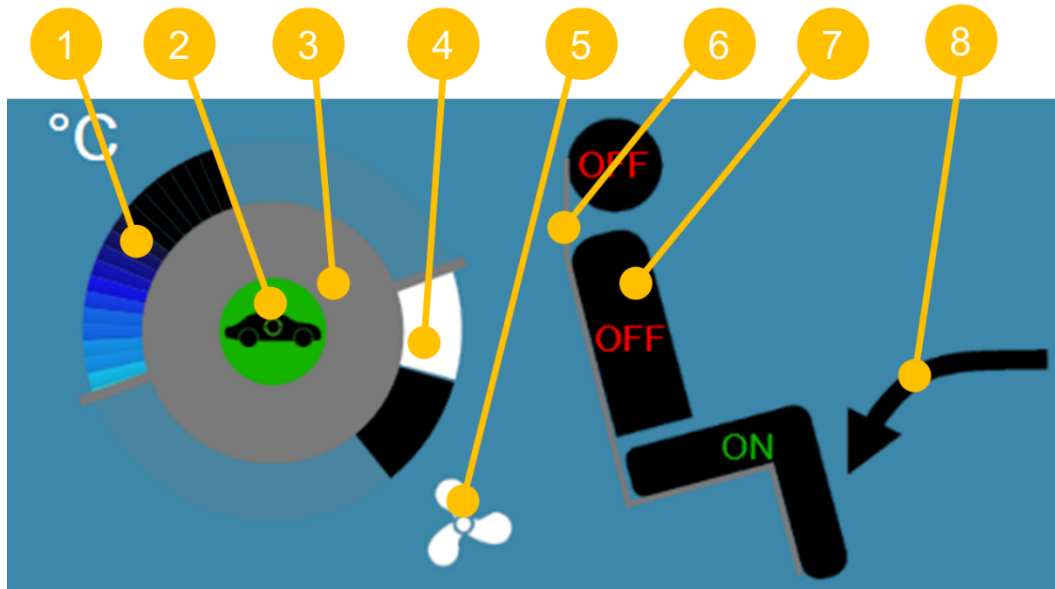
**Bild 3.20:** Navigationsmodul im Navigationsmodus; eigene Darstellung

Der Navigationsmodus kann durch Druck auf die STOP-Schaltfläche abgebrochen werden. Die obere Leiste gibt den Straßennamen der nächsten Straße auf der Route an. Zusätzlich wird der Abstand zum nächsten Knotenpunkt der Route sowie die dann notwendige Aktion des Fahrers angezeigt. In der unteren Leiste werden die Zeit bis zum Ziel, die noch zu fahrende Strecke sowie der voraussichtliche Ankunftszeitpunkt eingeblendet.

Das Navigationsmodul ist hauptsächlich virtuell umgesetzt. Unterstützung bei der Bedienung kann eine Leiste zur Handauflage bieten, die in den obigen Bildern an der Unterkante der Karte grau dargestellt ist (vgl. Kapitel 2.5.1).

### 3.3.2.3 Klima-/Komfortmodul

Das Klima- und Komfortmodul besteht hauptsächlich aus hybriden Elementen. Mit dem Rundinstrument auf der linken Seite können Temperatur (1) und Belüftungsstärke (4) geregelt werden (Bild 3.21).

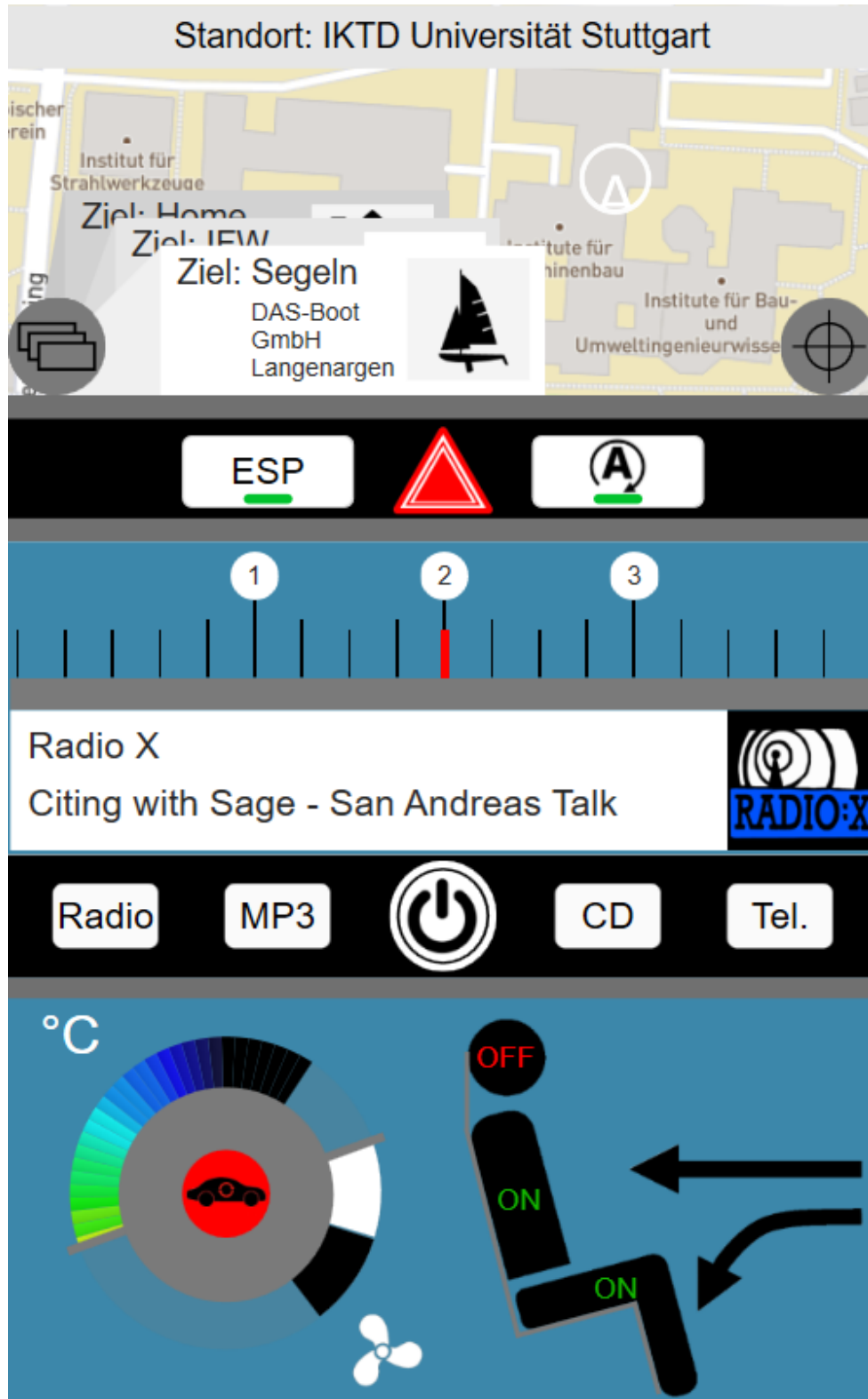


**Bild 3.21:** Klimamodul (Umluft aktiv); eigene Darstellung

Für die Bedienung dieser beiden Funktionen kann der Finger entlang eines realen Elements entlangfahren (3). Im Bild sind diese grau dargestellt. Dabei wird der Finger an der Rundung entlanggeführt (vgl. Kapitel 3.2.4). Die momentan eingestellte Temperatur wird durch eine Farbskala visualisiert (1). Ähnlich kann auch die aktuelle Gebläsestärke abgelesen werden (4). Durch einen Druck in die Mitte (2) kann die Umluftfunktion umgeschaltet werden. Das Element zur Einstellung der Belüftungsposition ist auf der linken Seite von einer Handauflage (6) umgeben. Die Felder (7) können zum Umschalten der Belüftung an Kopf und Scheibe, Oberkörper (Torso) und Fußraum betätigt werden. Zusätzlich zur schriftlichen Anzeige (ON/OFF) werden bei Aktivierung eines Bereiches Pfeile (8) eingeblendet. Über den Pfeilen sind drei aufblasbare Elemente angebracht (vgl. Kapitel 3.3.2.1). Durch einen Druck auf das Ventilator-Symbol (5) wird die Belüftung bei maximaler Temperatur auf maximale Stärke geregelt. Die Umluftfunktion wird deaktiviert und der Kopfbereich wird als Belüftungsort angezeigt. Dies soll die Funktion einer Enteisungs- oder Anti-Beschlag-Taste abbilden.

### 3.3.3 Gestalten Gesamtlayout

Aus den drei Hauptmodulen und zwei Knopfleisten wird das Gesamtlayout gestaltet. Dafür werden die einzelnen Module auf die Gesamtfläche des Interface verteilt, wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben (Bild 3.22).



**Bild 3.22:** Gesamtlayout hybrides Interface; eigene Darstellung

### 3.4 Ausarbeiten

In diesem Kapitel wird die Umsetzung des entwickelten hybriden Interface in die Realität beschrieben. Da von dem verwendeten Touch-Bildschirm nur ein Teil verwendet wird (vgl. Kapitel 3.2.2), wird eine Blende aus weißer Pappe genutzt, um den Rest des Bildschirms zu verdecken und gleichzeitig als Rahmen für das Interface zu wirken.

Die Knopfleisten werden mit Papier und Pappe umgesetzt und in den Rahmen eingefügt. Um die richtige Position zu finden, wird der in Kapitel 3.1.1 ermittelte Faktor zum Umrechnen der nötigen Maße verwendet (Formel 7.1 und 7.2). Die im Bild 3.18 schwarzen Bereiche werden in dicker Pappe ausgeführt. Die Knöpfe sind in dünnem Papier gehalten, durch welches eine Betätigung der Schaltflächen möglich ist. Durch die unterschiedliche Materialbeschaffenheit (Haptik) sowie die abgesetzten Knöpfe (Papier hinter Pappe angebracht) können diese auch blind ertastet werden. Die Leisten zur Handauflage bzw. zum Abstützen bei der Bedienung werden ebenfalls mit Pappe umgesetzt (Bild 3.23). So können in diesen Bereichen auch bei Hautkontakt keine unabsichtlichen Eingaben ausgelöst werden.



**Bild 3.23:** Obere Knopfleiste und Handauflagen aus Pappe; eigene Darstellung

Die hybriden Elemente im Medien- und Klimamodul werden mit Thermofolie umgesetzt. Diese Folie wird zum Einschweißen von Büchern oder Lebensmitteln verwendet und kann mit einem Bügeleisen und einem Heißluftföhn manuell bearbeitet werden. Um die Elemente aufzublasen werden Blasen-katheter-Schläuche aus der Apotheke als Pneumatik-Leitungen, sowie Kunststoffspritzen als Druckspeicher verwendet. Zur Abdichtung der Verbindungsstellen wird Schmelzklebstoff aus einer Heißklebepistole verwendet. Es ist so möglich, gezielt einzelne Bereiche aufzupumpen bzw. Luft abzulassen.

In Bild 3.24 sind die Leisten des Medienmoduls (oben) und die aufblasbaren Bereiche (unten) eingezeichnet. Die Lage der Leitungen ist durch Pfeile (rechte Seite) dargestellt.



**Bild 3.24:** Medien- und Klimamodul mit Pneumatik-Elementen; eigene Darstellung

Sichtbar sind auch die Handauflage aus Metall für die Regelung der Belüftungszonen sowie das Rundinstrument auf der linken Seite. Dieses ist aus einer Aluminium-Türklinke angefertigt. Am Ende der beiden Skalen (vgl. Kapitel 3.3.2.3) sind Metallplättchen angebracht, die verhindern sollen, dass unabsichtlich eine Eingabe auf der jeweils anderen Skala ausgelöst wird.

Um dem Nutzer ein nicht-visuelles Bedienungsfeedback zu geben, wird im IntuiFace Composer ein Klickgeräusch hinzugefügt. Immer wenn eine Schaltfläche wie ein Knopf oder Taster durch Antippen bedient wird, wird dies dem Nutzer durch ein Klickgeräusch deutlich gemacht. Dies soll bei der Bedienung zu niedrigeren Fehlerraten führen (vgl. Kapitel 2.3 sowie [ZÜH-12, S. 21]).

Die Gesamtgestalt des hybriden Interface setzt sich aus der virtuellen und der realen Teilgestalt zusammen. Dafür wird der Papprahmen mit Klebeband lösbar auf dem Touch-Monitor fixiert (siehe Bild 7.20 im Anhang, Kapitel 7.6).



## 4 Evaluation

Es soll getestet werden, ob das entwickelte hybride Interface das Ziel erfüllt, die Fahrerablenkung im Vergleich zum virtuellen Interface zu reduzieren. Dafür wird eine Studie durchgeführt, die in diesem Kapitel beschrieben wird. Das in Kapitel 2.6 vorgestellte Programm Lane Change Task (LCT) wird dabei zur Simulation der Primäraufgabe Fahren verwendet. Der Versuch wird mit  $n = 17$  Versuchspersonen durchgeführt.

### 4.1 Versuchsaufbau und -beschreibung

Das Bedienszenario beinhaltet Bedienaufgaben, zu deren Erfüllung der momentane Zustand der Interfacemodule abgelesen werden muss. Die Priorität liegt dabei bei der Bedienung und weniger beim Ablesen. Bei Bedienpriorität empfiehlt [ZÜH-12] den Touchscreen so anzuordnen, dass der Bediener möglichst im rechten Winkel auf den Bildschirm schaut [ZÜH-12, S. 218] (vgl. Kapitel 2.2.5 zu Positionierung und Anordnung des Displays). Dies führt zu einem Neigungswinkel von ca.  $60^\circ$  bezogen auf die Tischfläche im Versuchsaufbau (Bild 4.1).



**Bild 4.1:** Anordnung des Touchscreens im Versuch; eigene Darst.

Die Unterkante des Touchscreens kann im Versuch bei vertikal am Körper herabhängendem Oberarm und etwa  $90^\circ$  angewinkeltem Unterarm berührt werden. Das Erreichen der Oberkante erfordert von den meisten Versuchsteilnehmern die Bedienung mit ausgestrecktem Arm (siehe Bild 4.1) (vgl. Kapitel 2.2.5). Der Sitz bzw. der Stuhl sowie der Tisch, auf dem das Interface stehen sind verschiebbar, sodass für jede Testperson die gleichen

ergonomischen Randbedingungen eingestellt werden können. Der Monitor, auf dem der LCT dargestellt wird, befindet sich ca. 50 cm hinter dem Lenkrad. Dadurch muss die Testperson abwechselnd das näherliegende Interface und die weiter entfernte "Straße" des LCT fokussieren. So werden realitätsähnliche Belastungen für die Augen des Fahrers erzeugt, wo der Fokus zwischen der Strecke vor dem Fahrzeug und dem Interface im Fahrzeuginnenraum wechselt. Das "Fahrzeug" des LCT wird mittels des Lenkrades und der Pedalerie gesteuert. Die Geschwindigkeit ist auf 60 km/h festgelegt, wofür lediglich Vollgas gegeben werden muss (vgl. Kapitel 2.6).

Für das hybride Interface werden die realen Elemente, die in den vorigen Kapiteln entwickelt wurden, auf den Touchscreen geklappt. Dafür ist die Displayschutzfolie an der Oberkante des Monitors mit Klebestreifen fixiert, um einen schnellen Wechsel zu ermöglichen. Das virtuelle Interface besteht nur aus dem Touchscreen ohne reale Elemente.

## **4.2 Versuchsdurchführung**

Der Versuch dauert pro Versuchsperson etwa 40 min und ist in drei Abschnitte unterteilt:

- Einweisung in das Interface und den Fahrsimulator
- Testablauf mit insgesamt vier Fahrten
- Probandenbefragung

### **4.2.1 Einweisung**

Die Versuchsperson fährt eine Gerade im LCT, um sich an die Funktionsweise zu gewöhnen. Dazu gehört die Sensitivität des Lenkrades sowie die Bedeutung der Schilder. Der Testablauf wird erklärt und es wird auf die korrekte Handhabung von Lenkrad und Pedalerie sowie das Verhalten bei Erreichen einer Kurve hingewiesen.

Beide Interfacevarianten werden einmal in Bezug auf die Funktionsweise erläutert. Dabei wird auch die Bezeichnung der einzelnen Funktionen sowie die Handhabung der realen Elemente des hybriden Interface erklärt. Es gilt während des Versuchs folgende Prioritätenrangliste:

- das Fahrzeug auf der Straße halten
- nach der Identifizierung der Schilder möglichst zügig die Spur wechseln
- die Bedienaufgaben möglichst präzise ausführen
- die Bedienaufgaben möglichst schnell ausführen

### **4.2.2 Testablauf mit dem LCT**

Der Testablauf besteht aus vier LCT-Fahrten. Die erste Strecke reicht vom ersten Kurvenausgang der Strecke bis zum nächsten Kurveneingang. Dabei sollen von der Versuchsperson sämtliche Schilder beachtet werden und so ohne Ablenkung durch das Interface oder den Versuchsleiter eine Baseline generiert werden (vgl. Kapitel 2.6.1).



Während der zweiten Fahrt wird vom Versuchsleiter das Bedienszenario durchgespielt (Tabelle 7.11 im Anhang, Kapitel 7.7), wobei die Versuchsperson auf Zuruf die Bedienungsaufgaben ausführen soll. Während des Durchfahrens von Kurven werden keine Befehle gegeben, da Kurven im LCT-Analysetool (LCTA) nicht betrachtet werden (vgl. Kapitel 2.6.2). Ob die zweite Fahrt mit dem virtuellen oder hybriden Interface durchgeführt wird, hängt von der Versuchsnummer ab. Jeder zweite Versuch (gerade Versuchsnummer) führt das Bedienszenario zuerst mit dem virtuellen Interface durch. Eine ungerade Versuchsnummer bedeutet, dass das Bedienszenario zuerst mit dem hybriden Interface durchgeführt wird.

Die dritte Fahrt entspricht der zweiten Fahrt bis auf den Unterschied, dass nun das jeweils andere Interface getestet wird. Für gerade Versuchsnummern heißt das die Nutzung des hybriden Interface. Umgekehrt wird bei ungeraden Versuchsnummern das virtuelle Interface verwendet.

Die vierte und letzte Fahrt ist wieder eine Baseline-Fahrt von Kurvenaus- zu Kurveneingang. Dadurch soll der Lerneffekt (vgl. Kapitel 2.3) beim Fahren der Strecke in der Analyse möglichst neutralisiert werden.

### 4.2.3 Probandenbefragung

Nach den Fahrversuchen wird eine Probandenbefragung durchgeführt, um u. a. die Bedienungshäufigkeit der umgesetzten Funktionen zu erfragen (vgl. Bild 7.28 im Anhang, Kapitel 7.8). Zusätzlich ist ein Feedback der Versuchspersonen möglich. Die vollständige Probandenbefragung sowie weitere Bilder sind im Anhang zu finden (Kapitel 7.8 und 7.9).

## 4.3 Ergebnisse

Für jeden Versuch werden zwei Analysen durchgeführt. Eine auf Basis der ersten gefahrenen Baseline und eine weitere auf Basis der letzten Baseline-Fahrt. Diese Analysen beinhalten die Gesamtlängen aller vier Fahrten, die jeweilige Gesamtdauer sowie die mittlere Abweichung von der Bezugs-Baseline über die gesamte Distanz. Darüber hinaus werden die Längen aller Befehls-Abschnitte (gefahrte Strecke von Beginn der Bedienungsaufgabe bis zur korrekten Ausführung des Befehls) sowie die jeweilige Abweichung von der zugeordneten Baseline gespeichert.

Fahrt	Baseline	Länge ges.	Dauer ges.	Dev. ges.	Länge 1	Länge 2	Länge 3	Länge 4	Länge 5	Länge 6	Länge 7	Länge 8
42	Baseline 1	2749.7	164.68	0.38141								
43	Baseline 2	2750.0	164.69	0.39372								
44	Virtuelles Interface	4888.5	292.77	0.46687	399.37	214.17	121.11	109.99	196.70	9705.00	109.14	157.56
45	Virtuelles Interface	4888.6	292.98	0.50827	399.09	147.26	119.77	275.92	214.96	77170.00	296.87	110.03
46	Baseline 2											
47	Hybrides Interface											
48	Baseline 2											
49	Hybrides Interface											
50	Baseline 1											
51	Baseline 2											
52	Hybrides Interface									48327.50		
53	Virtuelles Interface									36585.00		

**Bild 4.2:** Übertragung der LCTA-Daten in Excel; eigene Darstellung

Aus den Werten der beiden Analysen wird der Mittelwert gebildet. Da die Dezimaldarstellung in Excel auf Komma basiert und das LCTA-Programm die Werte mit Punkten zur Dezimaltrennung ausgibt, müssen Punkte in der Excel-Datei durch Kommata ersetzt werden, um die weiteren Berechnungen und Auswertungen durchführen zu können (Bild 4.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3																			
4																			
5				Länge ges.	Dauer ges.	Dev. ges.	Länge 1	Länge 2	Länge 3	Länge 4	Länge 5	Länge 6	Länge 7	Länge 8	Länge 9	Länge 10	Länge 11	Länge 12	Länge 13
42	VP04	Basis: Baseline 1	Baseline 1	2749,7	164,68	0,38141													
43			Baseline 2	2750,0	164,69	0,38372													
44		Virtuell zuerst	Hybrides Interface	4888,5	292,77	0,46607	399,37	214,17	121,13	169,99	196,70	97035,00	169,1						
45			Virtuelles Interface	4888,6	292,98	0,50827	390,09	147,26	119,77	275,92	214,96	77170,00	296,8						
46		Basis: Baseline 2	Baseline 1	2749,7	164,68	0,43547													
47			Baseline 2	2750,0	164,69	0,27272													
48			Hybrides Interface	4888,5	292,77	0,40384	399,37	214,17	121,13	169,99	196,70	97035,00	169,1						
49			Virtuelles Interface	4888,6	292,98	0,57395	390,09	147,26	119,77	275,92	214,96	77170,00	296,8						
50		Basis: Mittelwert	Baseline 1	#WERT!	#WERT!	#WERT!													
51			Baseline 2	#WERT!	#WERT!	#WERT!													
52			Hybrides Interface	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	97035,00							
53			Virtuelles Interface	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	77170,00							

**Bild 4.3:** Ersetzen von Punkten durch Kommata in Excel; eigene Darstellung

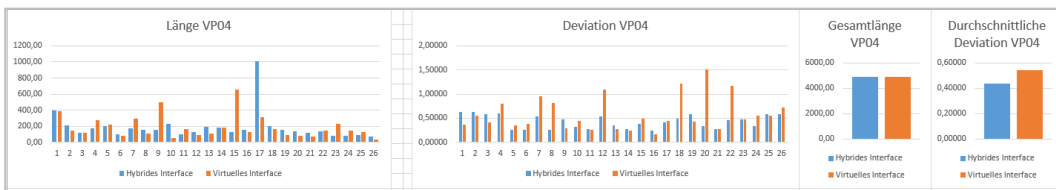
LCTA speichert Werte mit insgesamt fünf Ziffern. Handelt es sich um einen zweistelligen Wert ( $100,00 > X > 9,9999$ ), wird dieser also mit drei Stellen nach dem Komma (bzw. Punkt) festgehalten. Excel interpretiert bei der Übertragung den Punkt als Tausendertrennzeichen und wandelt beispielsweise einen Wert von 97,035 in 97035 um. Mittels farbiger Hervorhebung aller Werte über 1000 lassen sich solche Fehler finden und (nach einem Vergleich mit der .txt-Datei) korrigieren (Bild 4.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3																			
4																			
5				Länge ges.	Dauer ges.	Dev. ges.	Länge 1	Länge 2	Länge 3	Länge 4	Länge 5	Länge 6	Länge 7	Länge 8	Länge 9	Länge 10	Länge 11	Länge 12	Länge 13
42	VP04	Basis: Baseline 1	Baseline 1	2749,70	164,68	0,38141													
43			Baseline 2	2750,00	164,69	0,38372													
44		Virtuell zuerst	Hybrides Interface	4888,50	292,77	0,46607	399,37	214,17	121,13	169,99	196,70	97035,00	169,1						
45			Virtuelles Interface	4888,60	292,98	0,50827	390,09	147,26	119,77	275,92	214,96	77170,00	296,8						
46		Basis: Baseline 2	Baseline 1	2749,70	164,68	0,43547													
47			Baseline 2	2750,00	164,69	0,27272													
48			Hybrides Interface	4888,50	292,77	0,40384	399,37	214,17	121,13	169,99	196,70	97035,00	169,1						
49			Virtuelles Interface	4888,60	292,98	0,57395	390,09	147,26	119,77	275,92	214,96	77170,00	296,8						
50		Basis: Mittelwert	Baseline 1	2749,70	164,68	0,40844													
51			Baseline 2	2750,00	164,69	0,31822													
52			Hybrides Interface	4888,50	292,77	0,43496	399,37	214,17	121,13	169,99	196,70	97035,00	169,1						
53			Virtuelles Interface	4888,60	292,98	0,54111	390,09	147,26	119,77	275,92	214,96	77170,00	296,8						

**Bild 4.4:** Korrektur fehlerhafter Daten; eigene Darstellung

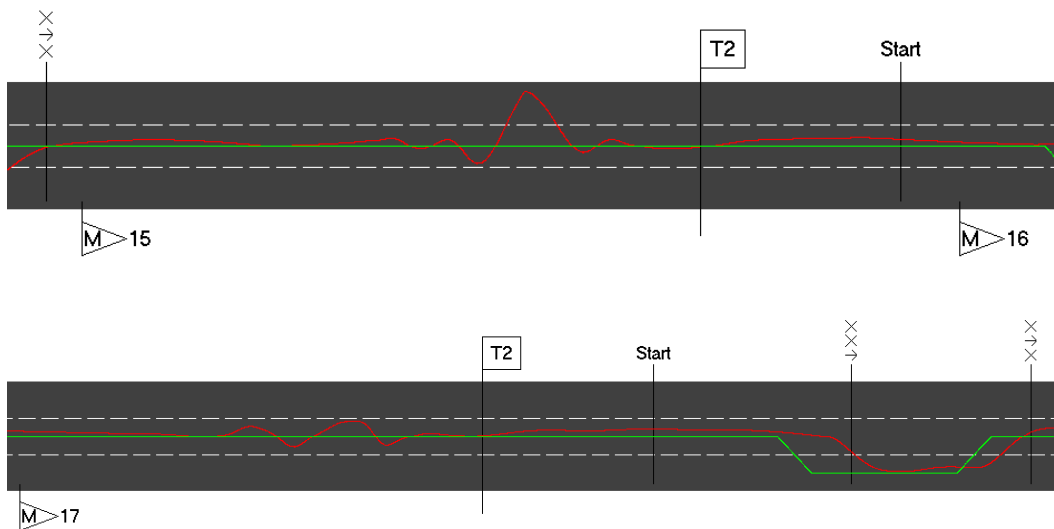
Ein ähnlicher Effekt tritt auf, wenn Deviationswerte (Abweichungswerte in Metern) einen Wert größer Eins annehmen. Auch diese Fehler müssen manuell korrigiert werden.

Zur Suche nach weiteren Unregelmäßigkeiten in der Messung empfiehlt sich eine Darstellung der Mittelwerte in Balkendiagrammen (Bild 4.5).



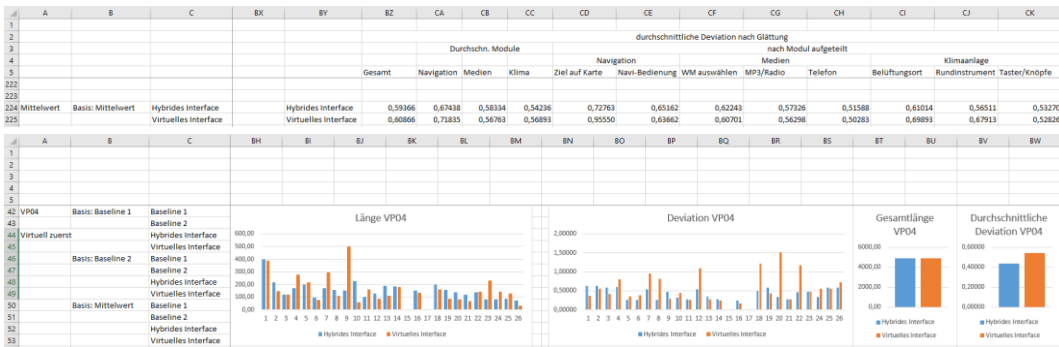
**Bild 4.5:** Resultierende Balkendiagramme (Mittelwert-basiert); eigene Darst.

Dabei werden nicht nur erste Tendenzen hinsichtlich Bediendauer und Abweichung bei den einzelnen Bedienaufgaben deutlich, sondern auch Unregelmäßigkeiten, wie auffällig hohe Werte bei Länge und Deviation. Im Beispiel (Bild 4.5) ist die Länge bei Bedienaufgabe 15 mit virtuellem Interface sowie bei Bedienaufgabe 17 mit hybridem Interface auffällig (deutlich länger, als vergleichbare Aufgaben). An diesen Stellen sind Kurvendurchfahrten zu vermuten, da dort keine weiteren Befehle gegeben wurden. Ein Blick auf die Kurve der Fahrstreckenaufzeichnung bestätigt eine solche Vermutung in der Regel (Bild 4.6).



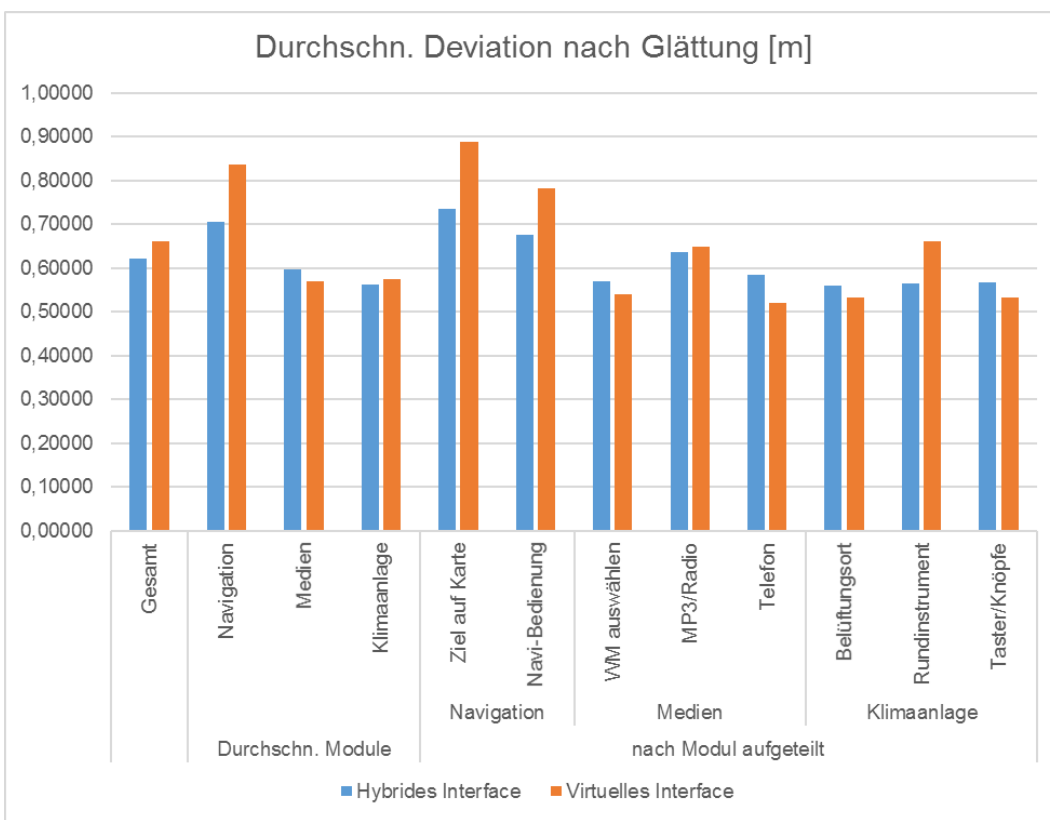
**Bild 4.6:** Abweichungen an Kurvenein- und -ausgängen; eigene Darst.

Um zu vermeiden, dass Kurvendurchfahrten die Messergebnisse und deren Auswertung verfälschen, werden die entsprechenden Abschnitte für beide Fahrten aus den Daten entfernt (Bild 4.7). Dies ist möglich, da die Kurvendurchfahrten verschiedener Versuchspersonen nicht auf denselben Abschnitt des Bedienszenarios fallen.



**Bild 4.7:** Balkendiagramme nach Glättung; eigene Darst.

Werden von den Daten sämtlichen Versuchspersonen die Mittelwerte gebildet, können diese in einem Deviationsdiagramm abgebildet werden (Bild 4.8).



**Bild 4.8:** Durchschn. Deviation (alle Versuchspersonen) nach Glättung; eigene Darst.

Die Zuordnung der einzelnen BediENAufgaben zu den hier repräsentierten Gruppen lässt sich Tabelle 7.11 im Anhang entnehmen (Kapitel 7.7). Beispielsweise wurden der Bedienung des Navigationsmodules die BediENAufgaben 2 (Zentrieren), 3 (Ziel auswählen) und 5 (Navigation abbrechen) zugeordnet. Unter dem Begriff "Taster/Knöpfe" sind sämtliche BediENAufgaben zusammengefasst, bei denen nur eine virtuelle Schaltfläche betätigt werden musste. Diese sollten Taster bzw. Knöpfe repräsentieren, obgleich sie am Prototyp nicht als solche umgesetzt wurden, woher die Bezeichnung rührt.

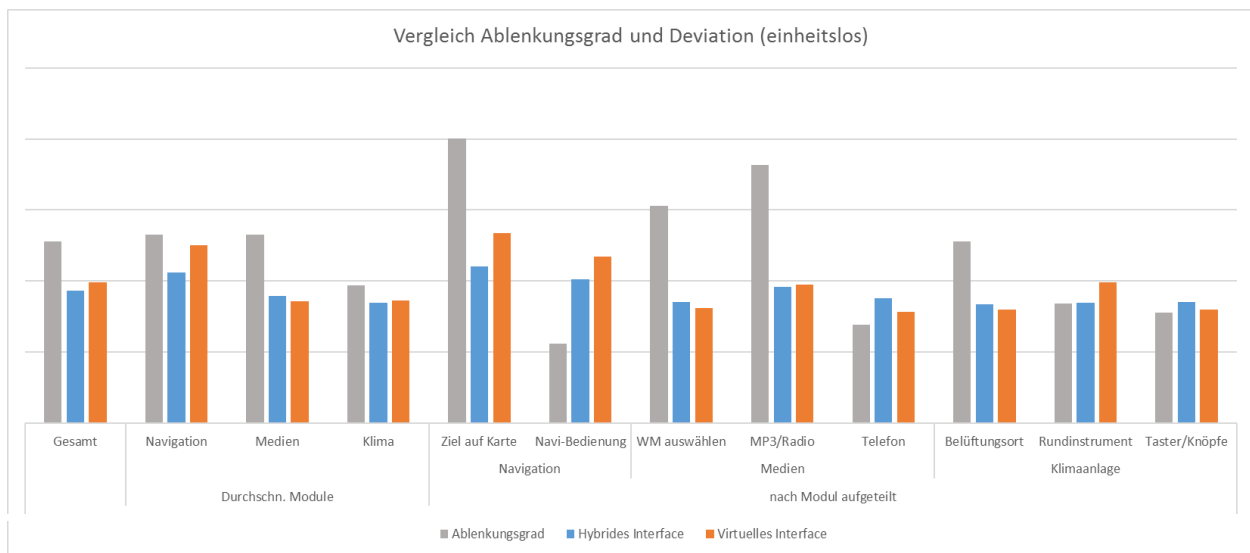
Aus den Ergebnissen der Probandenbefragung sowie der von LCTA berechneten Länge und der Anordnung der Funktionen auf dem Interface (vgl. Kapitel 3.3.3) kann der Ablenkungsgrad (vgl. Kapitel 3.1.3) errechnet werden (Tabelle 4.1).

	Gesamt	Durchschnitt Module			Nach Modul aufgeteilt								
		Navi- gation	Medien	Klima- anlage	Navigation		Medien			Klimaanlage			
					Ziel auf Karte	Navi-Be- dienung	WM aus- wählen	MP3/ Radio	Telefon	Belüf- tungsort	Rundin- strument	Taster/ Knöpfe	
Anwendungs- häufigkeit H	2,88	2,30	3,08	3,27	2,18	2,43	3,06	3,79	2,39	3,41	3,65	2,74	
Gebrauchs- dauer D	1,72	2,50	1,50	1,17	4,00	1,00	2,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	
Lagefaktor X	2,57	2,30	2,87	2,55	2,30	2,30	2,50	3,20	2,90	2,50	2,30	2,85	
Ablenkungs- grad	12,77	13,25	13,24	9,71	20,06	5,58	15,30	18,19	6,93	12,79	8,40	7,79	

**Tabelle 4.1:** Berechnung Ablenkungsgrad; eigene Darstellung

## 4.4 Diskussion

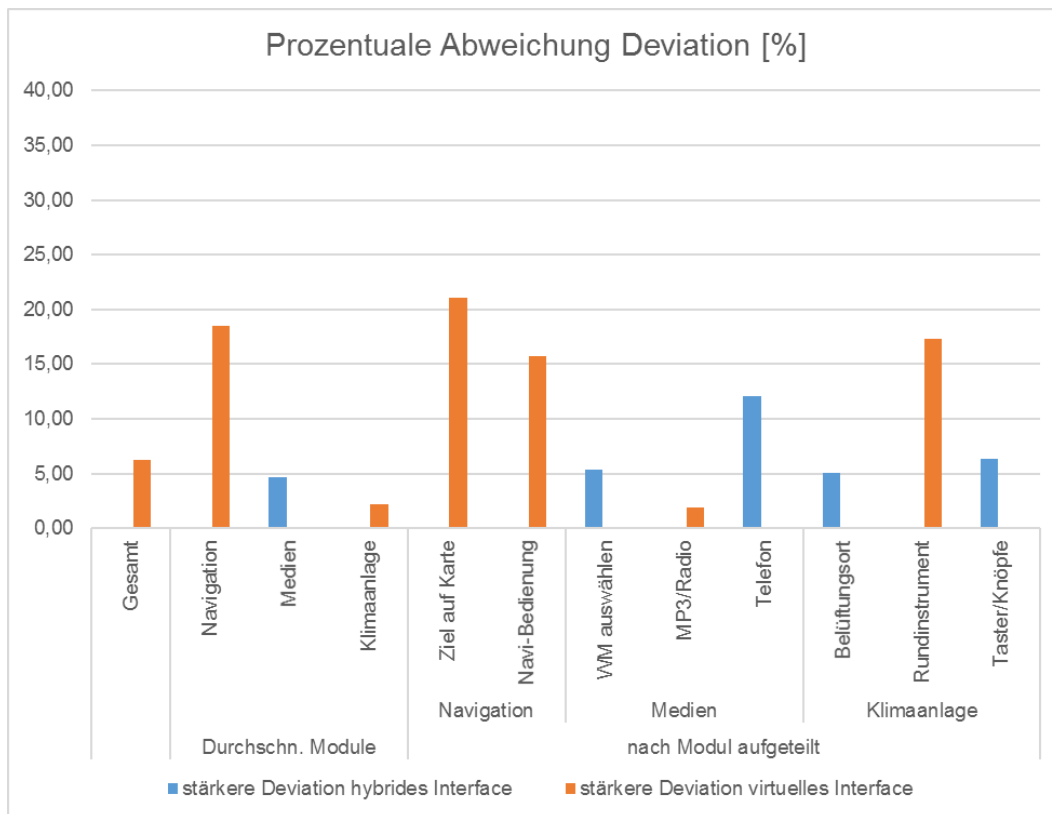
Zunächst ist festzuhalten, dass der zuletzt errechnete Ablenkungsgrad (Tabelle 4.1) unter dem geforderten maximalen Ablenkungsgrad aus der Anforderungsliste (siehe Anhang, Kapitel 7.2) liegt. Diese Forderung (3.1.1) ist somit erfüllt worden. Es ist jedoch festzuhalten, dass der Ablenkungsgrad keine zuverlässige Kennzahl für die im Versuch resultierende Deviation zu sein scheint (Bild 4.9).



**Bild 4.9:** Vergleich Ablenkungsgrad und Deviation (einheitslos); eigene Darst.

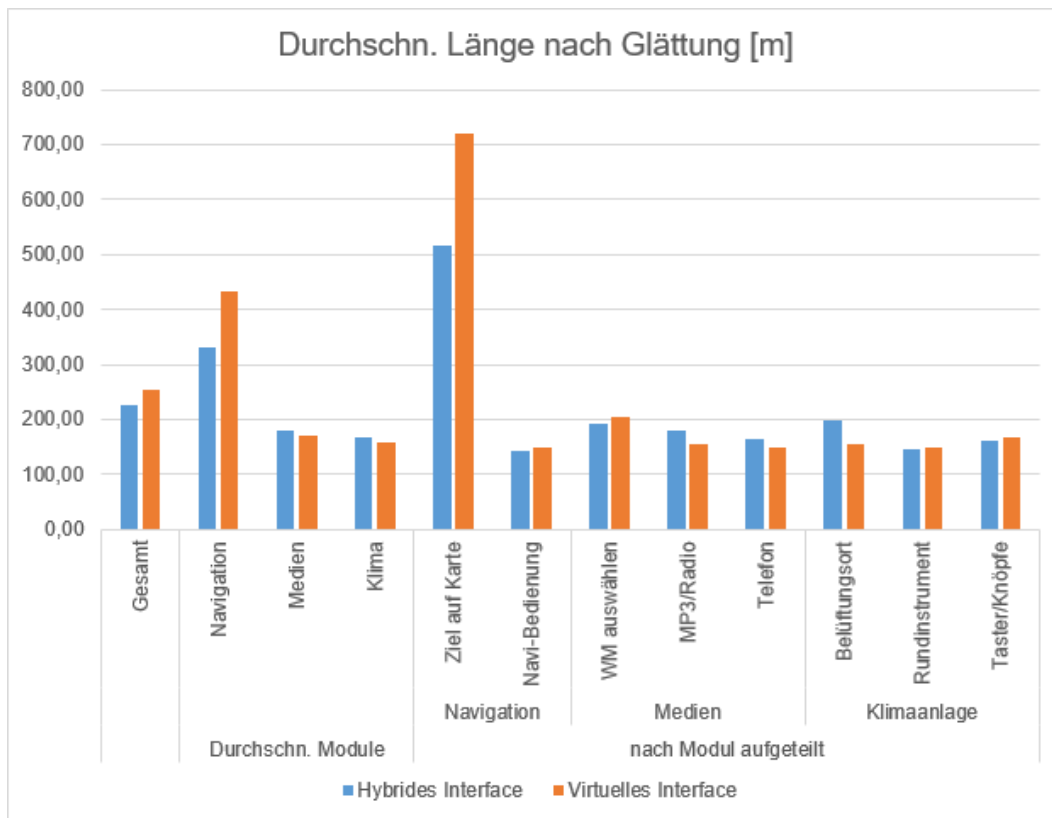
Für das gezeigte Diagramm wurden Ablenkungsgrad und Deviation auf ein einheitsloses Niveau gebracht. So können die beiden Kennzahlen, die keine gemeinsame Einheit haben miteinander anhand ihrer Amplitude je Modul verglichen werden. Dafür werden die Werte von Ablenkungsgrad und Deviation für ein Modul (Rundinstrument mit hybridem Interface) angepasst. Die Unterschiede bei den anderen Modulen gibt Auskunft über die Vergleichbarkeit. Ein hoher Ablenkungsgrad führt aber im Versuch nicht zu einer gleichsam hohen Deviation. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Ablenkungsgrad mithilfe der Bedienhäufigkeit der Funktionen im Durchschnitt einer Bedienung über einen längeren Zeitraum gebildet wird. Im Versuch wurden im Alltag häufig verwendete Funktionen (Bedienung MP3/Radio) ähnlich häufig verwendet, wie im Alltag seltener verwendete Funktionen (Navi-Bedienung). Der Versuch ist in dieser Hinsicht also nicht an den Alltag angepasst. Die vom Fahrer häufiger verwendeten Funktionen hätten auch im Versuch häufiger verwendet werden müssen. Dadurch ließe sich auch der Lerneffekt (vgl. Kapitel 2.3) bei häufig verwendeten Funktionen realitätsnah abbilden.

Aus den Deviationswerten lässt sich bei Betrachtung der durchschnittlichen Gesamtdeviation pro Fahrt kein Trend für oder wider das hybride Interface ableiten. Es ist jedoch erkennbar, dass die Abweichung von der Referenzkurve bei der Bedienung einiger virtueller Interfacemodule bzw. -elemente deutlich höher ist, als bei der Bedienung des hybriden Interface (Bild 4.10).



**Bild 4.10:** Abweichung Deviation (in Prozent); eigene Darstellung

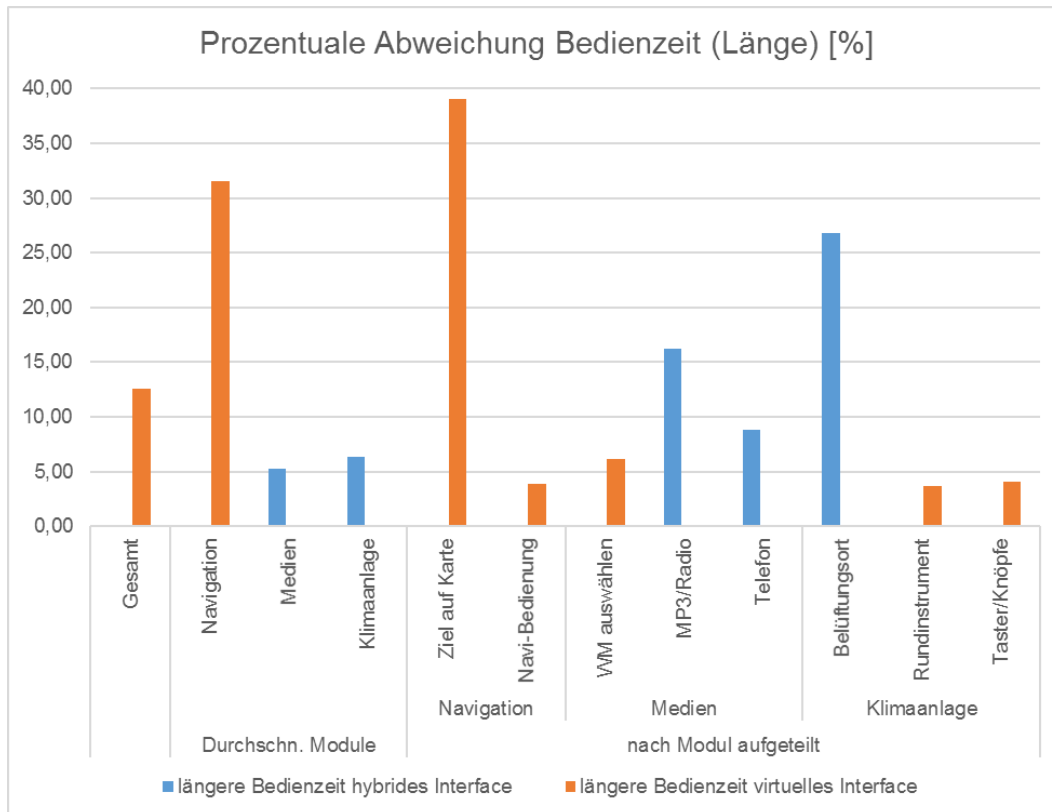
Hierzu zählt allgemein die Bedienung des Navigationsmoduls sowie die Verwendung des Rundinstruments im Klimamodul. In anderen Bereichen ist die Abweichung bei der Bedienung des hybriden Interface dagegen höher, was den geringen Unterschied der Gesamtdeviation erklärt. Im Durchschnitt sind auch die Bedienzeiten der meisten Module von virtuellen und hybriden Interface ähnlich (Bild 4.11).



**Bild 4.11:** Durchschnittliche Bedienzeit (Strecke in m); eigene Darst.

Die Länge der Strecke, die bei der Ausführung der Bedienaufgaben zurückgelegt wird, kann direkt in Bedienzeit umgerechnet werden, da die Geschwindigkeit des Autos konstant 60 km/h beträgt. Daher wird an dieser Stelle die Länge der einzelnen Abschnitte bzw. die zurückgelegte Strecke mit Bedienzeit gleichgesetzt. Das jeweils zweite getestete Interface weist meistens kürzere Bedienzeiten und geringere Deviation auf. Dies kann durch den Lerneffekt (vgl. Kapitel 2.3) bei der Bedienung des zugrundeliegenden virtuellen Interface begründet werden. Bei der Betrachtung der Durchschnittswerte sämtlicher Versuchspersonen wird dieser Effekt nahezu neutralisiert.





**Bild 4.12:** Abweichung Bedienzeit (in Prozent); eigene Darstellung

Auffällig ist jedoch die deutlich längere durchschnittliche Bedienzeit für die Suche eines Zielortes auf der Navigations-Karte bei der Benutzung des virtuellen Interface. Die zweitstärkste Abweichung gibt es bei der Einstellung des Belüftungsortes. Dabei nimmt die Bedienung des hybriden Interface mehr Zeit in Anspruch. Ebenso bei der Bedienung des Medienmoduls.

#### 4.4.1 Handauflagen und Ankerpunkte

Überall, wo durch die realen Elemente des hybriden Interface Handauflagen vorgesehen sind (Navigationsmodul, Knopfleisten sowie im Klimamodul) sind geringere Abweichungen im Vergleich zum virtuellen Interface sichtbar (Bild 4.8 und Bild 4.10). Bei der Verwendung des virtuellen Interface wurde von einigen Versuchsteilnehmern der Handballen oder ein Gelenk des kleinen Fingers aufgesetzt. Dies geschah laut den entsprechenden Testpersonen, um einen Ankerpunkt auf dem glatten Display zu schaffen und so einzelne Schaltflächen gezielter treffen zu können. In zwei Fällen wurden dabei unbeabsichtigt weitere Eingaben (u. a. Abschalten des Interface) ausgelöst. Die Versuchspersonen gaben in der Probandenbefragung dazu an:

- "Die Handauflagen [vermitteln] dem Fahrer mehr Sicherheit bei der Bedienung".
- Die "Leisten des hybriden Interface [sind] sehr nützlich, sowohl zwischen den 3 Zonen als auch als Finger-Schiene, wie beispielsweise beim Gebläse".
- "Führleisten bei Gebläsestärke und Position [sind] sehr praktisch".

Jedoch wurde auch darauf hingewiesen, dass die Auswirkung solcher Leisten im realen Fahrbetrieb deutlich stärker ausfallen könnten, "da Relativbewegungen des Fahrers und Autos fehlen" (alle Anmerkungen der Probanden im Anhang, Kapitel 7.9).

Der Vorteil von Handauflageleisten wird besonders bei der Navi-Bedienung deutlich. Die Bedienzeit ohne diese Leisten (virtuelles Interface) ist durchschnittlich ca. 32 % höher (Zielsuche 39 %, Bild 4.11). Die Abweichung von den Baselines desselben Moduls ist ca. 18% höher als ohne Leisten (Zielsuche 21 %, Bild 4.10).

#### 4.4.2 Hybride Elemente

Die Kombination von Führungsleiste, Ankerpunkt und Eingabeelement wie beim Rundinstrument im Klima-/Komfortmodul führt zwar zu einer nur geringfügig kürzeren Bedienzeit (ca. 3,5 % kürzer, Bild 4.12), jedoch zu einer deutlich geringeren Deviation (ca. 15 % geringer, Bild 4.10) im Vergleich zum virtuellen Interface. Dies spiegelt sich auch in den Kommentaren der Versuchspersonen in der Probandenbefragung wider:

- "Das hilfreichste hybride Element ist die Temperatur- und Gebläsestärkeeinstellung".
- "Lüftungsstärke und Temperatur, war mit Knopf (hybrid) besser, um die Kreisform nachzufahren".
- "Die Hand-/Fingerführung ist bei der Belüftung (Temperatur & Gebläse) am Besten [!] und eindeutig. Noch besser, wenn man eine Rasterung/Riffelung spüren würde".

Der Wunsch des letzten Kommentars entspricht dem ursprünglichen Konzept des Rundinstrumentes (Bild 3.10 in Kapitel 3.2.4).

Die hybriden Interfaceelemente im Medienmodul und zur Einstellung des Belüftungsortes (Kapitel 3.3.2.3 und Kapitel 3.3.2.3) führten nicht wie erwartet zu geringerer Ablenkung, sondern im Gegenteil zu deutlich längeren Bedienzeiten (ca. 5 - 25 % länger, Bild 4.12) sowie einer erhöhten Abweichung von den Baselines (ca. 5 % länger, Bild 4.10). Die Ursache dafür ist vermutlich auch in der Umsetzung des ursprünglichen Konzepts für den Prototyp zu finden (Kapitel 3.3.2.1 und 3.3.2.3 sowie Kapitel 3.4). Die pneumatischen Elemente, die nicht aufgeblasen sind, sind bei der Bedienung im Weg und bieten zu hohen Widerstand beim Gleiten des Fingers über das Display. Diese Einschätzung wurde auch von den Versuchspersonen in der Probandenbefragung festgehalten:

- "Pneumatische Elemente sind wenig hilfreich (besonders bei ungünstiger Umsetzung)".
- "Die "Aufblas"-Funktion ist eher weniger nützlich. Ein Blick führt schneller zum Ergebnis als das Ertasten (zum Beispiel der Gebläse-Zonen)".

Jedoch wurde auch kommentiert, dass die konzeptuelle Lösung prinzipiell gut sei:

- "Luftpolster ist etwas nervig, aber die grundlegende Führung durch plastische Elemente ist sehr hilfreich".
- "Aufblasbare Leiste bei "Medien" ist sinnvoll, zum Beispiel als Führleiste für Titel/Radiowechsel".

#### **4.4.3 Virtuelle Elemente**

Die Telefon-Funktion wies beim virtuellen Interface eine geringere Bedienzeit (ca. 8 % geringer) sowie geringere Deviation (ca. 11 % geringer) auf. Dies kann daran liegen, dass diese Funktion rein virtuell konzipiert ist und die aufblasbaren Elemente bei der Bedienung im Weg waren (Kapitel 4.4.2). Statt zu unterstützen, wirkten sie beim Versuch auf einige Versuchspersonen verwirrend. Darüber hinaus war der untere Bereich des Medienmoduls durch die untere Leiste leicht verzogen. Durch die mehreren Lagen Folie reagierte der Touchscreen darüber hinaus nicht auf alle Eingabeversuche in diesem Bereich. Dieser Umstand ist auch in den Kommentaren der Versuchspersonen zu finden, wo auf eine mögliche Verfälschung des Versuchsergebnisses in diesem Bereich hingewiesen wird:

- "Aufgrund des Versuchsaufbaus waren beim hybriden Interface die Bedienelemente schwer zu drücken. Deshalb kann das Ergebnis verfälscht sein".

Die Bedienung der unteren Knopfleiste, mit der ein Wiedergabemedium ausgewählt wurde, sorgte aus dem gleichen Grund beim hybriden Interface zu einer um 5 % höheren Deviation, als beim virtuellen Interface. Dennoch wurde das Finden der Schaltflächen aufgrund der unterschiedlichen Materialdicke und der abgesetzten "Knöpfe" aus Pappe von den Versuchspersonen als positiv bewertet, was sich ebenfalls in einer leicht geringeren Bedienzeit (ca. 5 % geringer) widerspiegelt.

## 4.5 Fazit

Nach der Auswertung der Versuchsergebnisse kann der Einsatz eines hybriden Interface zur Reduzierung der Fahrerablenkung nicht generell empfohlen werden. Auch die Frage aus Kapitel 1.2: "Ist die Ablenkung des Fahrers bei der Bedienung eines hybriden Interface während der Fahrt geringer, als bei der Bedienung eines virtuellen Interface?", kann nicht eindeutig mit: "Ja", oder: "Nein", beantwortet werden.

Reale Elemente verringern zwar die Ablenkung und darauffolgende Abweichung von der Fahrspur. Besonders Ankerpunkte in Form von Leisten auf dem Touchscreen sind als sehr hilfreich zu bewerten. Jedoch führen ungewohnte oder schlecht umgesetzte hybride Elemente eher zu einer Verschlechterung. An dem durchgeführten Versuch ist daher auch die Umsetzung der hybriden Elemente zu kritisieren. Zur besseren Beurteilung sind weitere Versuche ausschließlich mit hybriden Interfaceelementen wünschenswert. Die Umsetzung hat sich für die feinen Bereichsabgrenzungen der hybriden Elemente, die hier notwendig waren, als nicht geeignet herausgestellt. Darüber hinaus konnte in dem Versuch nicht die Relativbewegung von Fahrer und Display simuliert werden, die in der Realität existiert (vgl. Kapitel 1.1.2). Dies wäre beispielsweise durch eine mehrachsige Bewegung des Sitzes oder des Bildschirms möglich.

Bei komplexen Aufgaben (Bedienung Navigationssystem) führten Unterstützungselemente des hybriden Interface zu reduzierten Bedienzeiten und geringerer Ablenkung. Eine Unterstützung des Fahrers durch hybride Interfaceelemente, wie bei der Klimaanlage-Bedienung, ist aus den Versuchsergebnissen (Kapitel 4.3 und 4.4) ebenfalls ersichtlich. Für einfache Aufgaben, die nur die Betätigung einer einzigen Schaltfläche voraussetzen (Liedwechsel, Betätigung An-Aus-Schalter), ist die Verwendung eines virtuellen Interface zu empfehlen. Eventuell ist dieses durch Handauflageleisten und ähnliche Ankerpunkte zu ergänzen.

## 5 Zusammenfassung

Als Reaktion auf den aktuellen Trend zu Touchscreens als Interfaceelement in automobilen Mittelkonsolen (Kapitel 1 und 2.5.2) wurden in der Bachelorarbeit die Vor- und Nachteile dieser Interfaceelemente betrachtet (Kapitel 1.1). Da zu den Nachteilen virtueller Interfaces (Touchscreens) auch eine erhöhte Ablenkung des Fahrers bei der Bedienung gehört, wurde ein hybrides Interface entwickelt, das die Eigenschaften virtueller und realer Interfaces kombiniert (Kapitel 1.2). Dafür wurden zunächst Grundlagen zum Thema Interface, Interfacedesign und Ablenkung gesammelt und die Vorgehensweise nach VDI 2221 beschrieben (Kapitel 2). Für die Entwicklung wurde der aktuelle Stand der Technik betrachtet (Kapitel 2.5). Darüber hinaus wurde das Programm Lane Change Task vorgestellt (Kapitel 2.6).

Während der Planungsphase der Entwicklung des hybriden Interface wurde eine Anforderungsliste angelegt, um während der gesamten Prototypen-Entwicklung eine Übersicht über die gestellten Anforderungen zu haben (Kapitel 3.1). Um gewährleisten zu können, dass das Interface vor dem Hintergrund der Ablenkungsminimierung entstand, wurde als Kennzahl der Ablenkungsgrad eingeführt (Kapitel 3.1.3). Auf Basis dessen wurden in der Konzeptionsphase durch eine Umfrage (n = 82) ermittelte Funktionen auf der Bedienoberfläche angeordnet. Rein hybride Interfaceelemente wurden konzeptionell festgehalten und den einzelnen Funktionen Lösungsprinzipien zugeordnet. Die daraus entstehenden Gestaltungsvarianten wurden von Testpersonen (n = 7) im Rahmen von Paper Prototyping bewertet und eine finale Variante gewählt (Kapitel 3.2.6). Aus Interfaceelementen wurden in der Entwurfsphase (Kapitel 3.3) Interfacemodule gestaltet. Aus virtueller und realer Teilgestalt wurde in der Ausarbeitungsphase eine hybride Gesamtgestalt angefertigt (Kapitel 3.4).

Der so entwickelte Prototyp eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen wurde in einer Studie neben einem virtuellen Pendant getestet (Kapitel 4). Aus der Auswertung der Ergebnisse (Kapitel 4.3 und 4.4) konnten Schlussfolgerungen bezüglich der Umsetzung des Konzeptes getroffen werden (Kapitel 4.5).

Besonders hervorgehoben wurde dabei der positive Einfluss von Handauflageleisten und auf dem Touchscreen fixierten realen Elementen, da diese Ankerpunkte bei der Bedienung des Interface liefern. Aufgrund Kritik an der Umsetzung in der Studie wurde im Fazit eine ausführlichere Untersuchung von hybriden Interfaceelementen vorgeschlagen.

Obgleich dem Einsatz von hybriden Interfaces zur Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen keine eindeutige Zusage gegeben werden konnte, wurden deren Vorteile im Gegensatz zu virtuellen Interfaces in dieser Arbeit deutlich gemacht.


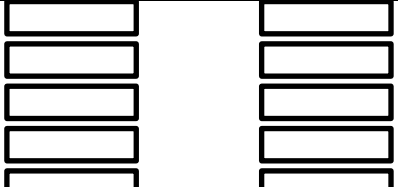
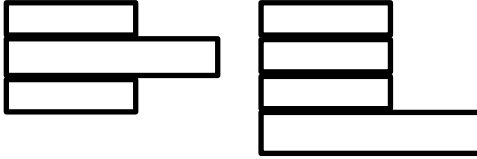
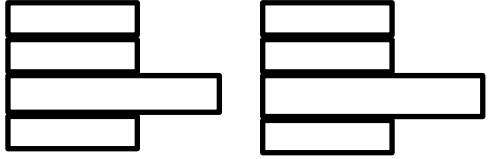
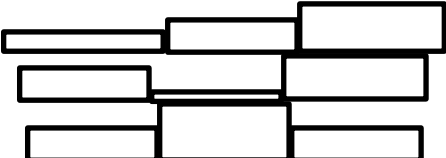
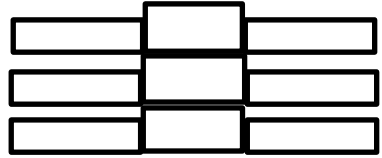
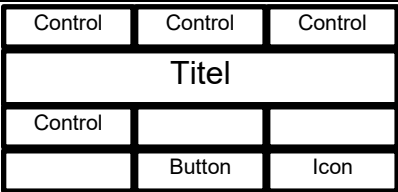
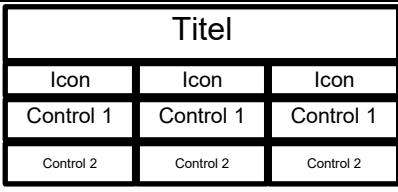
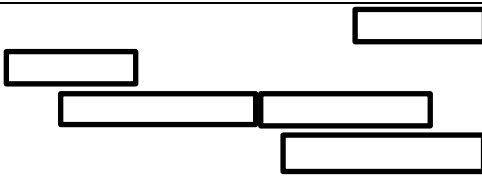
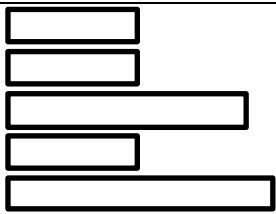
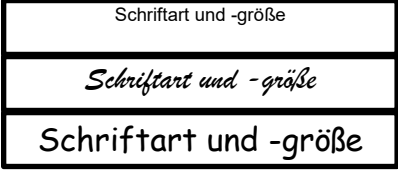
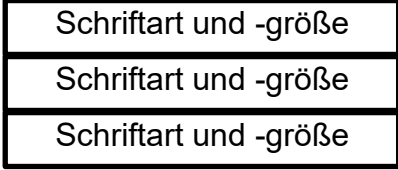
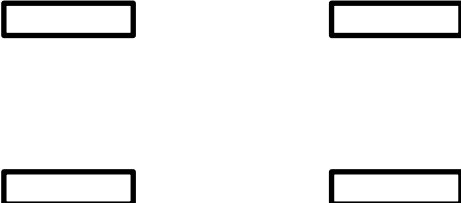
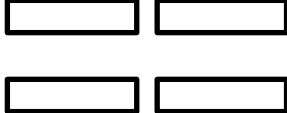
## 6 Ausblick

Wie in Kapitel 1.1.2 und Kapitel 2.5.7 gezeigt, sind sich Automobilhersteller und -zulieferer der erhöhten Fahrerablenkung bewusst, die durch die Verwendung von Touchscreens in der automobilen Mittelkonsole entstehen kann. So kommen bei der Verwendung virtueller Schaltflächen bereits Handauflageleisten zum Einsatz (aktueller 7er BMW [BMW-16] sowie Audi MIB II [GIZ-16]). Auch ein rein hybrides Interface wurde auf der CES 2016 vorgestellt (Bosch Demo Car [GUL-16a, S. 9]).


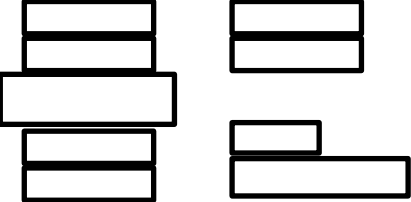
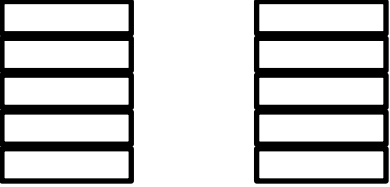
In dieser Arbeit wurde festgestellt, dass unterstützende Elemente wie Handauflageleisten die Ablenkung des Fahrers bei der Bedienung eines hybriden Interface deutlich reduzieren können (Kapitel 4.5). Zur Bewertung rein hybrider Interfaces, die nur aus einem hybriden Interfaceelement bestehen, sind weitere Untersuchungen nötig. Daher kann nicht abschließend festgestellt werden, ob diese wirklich den Fahrer unterstützen oder nur als Innovationsträger der kommenden Fahrzeuggenerationen ein Alleinstellungsmerkmal darstellen sollen. Die Entwicklung in diesem Bereich der Fahrzeugtechnik und des Interfacedesigns ist daher ohne weitere Erkenntnisse mit verhältnismäßiger Skepsis zu betrachten. In jedem Fall ist die Verwendung von Ankerpunkten bei der Bedienung von Interfacesystemen als Resultat der Untersuchung zu empfehlen. Dies gilt sowohl für die Bedienung von virtuellen als auch von realen Interfaceelementen, wie aus der Studienauswertung deutlich wurde.

## 7 Anhang

### 7.1 Formale Qualitäten nach Galitz

Qualität	Negativbeispiel	Positivbeispiel
Balance		
Symmetrie		
Regelmäßigkeit		
Vorhersagbarkeit		
Sequenz		
Ökonomie		
Einheit		

**Tabelle 7.1:** Formale Qualitäten; nach [GAL-97, S. 98]

Proportion		<div data-bbox="1027 203 1337 394" style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Goldener Schnitt</p> <p>1:1,618</p> </div>
Simplizität		
Gruppierung	<div data-bbox="432 645 903 824" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Titel</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> </div> </div>	<div data-bbox="986 645 1385 824" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Titel</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px;"></div> </div> </div>

**Tabelle 7.2:** Formale Qualitäten; nach [GAL-97, S. 98] (Fortsetzung)



## 7.2 Anforderungsliste

Anforderungsliste für ein hybrides Interface in der Mittelkonsole von PKW					
Nr.	F/B /W	Anforderungen	Beschreibung/ Quantifizierung	Quelle/ Bezug	Ände- rung
1	F	Entwicklung hybrides Interface	Produkt muss nach Definition einem hybriden Interface entsprechen  Kombination der Elemente virtueller Interfaces und realer Interfaces	Lastenheft	16.05.16
1.1	F	Reale Elemente	Dreidimensionale geometrische Grundformen; Aufblasbare Folienkanäle; Stützeleisten; Pappleisten	1	07.06.16
1.2	F	Virtuelle Elemente	Umsetzung mit dem Programm IntuiFace Composer	1	07.06.16
2	F	Vergleich mit virtuellem Interface	Produkt muss in Vergleich mit virtuellem Interface besser abschneiden	Lastenheft	24.05.16
2.1	B	Anordnung der Funktionen ähnlich wie bei Vergleichsobjekt (virtuelles Interface)	Form und Anordnung der Funktionen ist zu 30-70 % gleich; Erkennbare Ähnlichkeit als Forderung; Vertikale und horizontale Anordnung der Funktionen möglichst identisch	2	24.05.16
2.2	W	Funktionen sowohl hybrid als auch virtuell umsetzbar	Die Umsetzung der Funktionen muss sowohl hybrid (primär) als auch virtuell (sekundär) möglich sein.	2	06.06.16
3	F	Reduzierung der Fahrerablenkung	Bedienzeit im Vergleich zu virtuellen Interfaces (reiner Touchscreen) reduzieren; Abweichung von Ideallinie im LCT bei Bedienung geringer, als bei der Bedienung von virtuellem Interface (reiner Touchscreen); gute Wahrnehmbarkeit und Erkennbarkeit	Lastenheft	16.05.16
3.1	F	Minimierung des Ablenkungsgrades	Durch günstige Anordnung der Funktionen den Wert der Summenfunktion minimieren: $ges. Ablenkungsgrad = \frac{1}{n} \sum_i^n H_i * D_i * X_i$	Formel 7.5	24.05.16

**Tabelle 7.3:** Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)

3.1.1	B	Ablenkungsgrad minimieren	Folgende Werte des Ablenkungsgrades sollen unterschritten werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navigation: 17,78</li> <li>• Klimaanlage: 11,36</li> <li>• Telefonie: 14,31</li> <li>• Audio: 15,51</li> <li>• Sicherheit: 12,09</li> </ul>	Kapitel 7.2.3, Tabelle 7.9, 3.1, 3	01.07.16
3.2	B	Anordnung der Interfaceelemente im Sichtfeld des Nutzers	Positionierung des Monitors 10-20 cm rechts des LCT-Test-Monitors; Oberkante des Touchscreen-Feldes soll mit der horizontalen Mittellinie des LCT-Test-Monitors abschließen	[SCH-15a, S. 80]	16.06.16
3.3	W	Funktionale Gruppierung der Interfaceelemente	Anzeigen in der Nähe dazugehöriger Stellteile	[SCH-15a, S. 80]	16.06.16
3.4	F	Gute Lesbarkeit von Schriften	Schriftgröße nach [SCH-15a, S. 80] mindestens 4,2mm  Schriftart: Arial Schriftgr. Titel: 40 Schriftgr. Nebeninfo.: 30 Mindestschriftgr.: 20	[SCH-15a, S. 80]	16.06.16
3.5	W	Stellteile als Anzeiger	Stellteile sind gleichzeitig Anzeigeelemente	[SCH-15a, S. 80]	16.06.16
3.6	F	Eindeutige Farbkodierung	Rot = Aus; Grün = An; Schwarz = Reale Knopfleiste; Grau = Auflageleiste	[SCH-15a, S. 80]	16.06.16
3.7	W	Geringe Bedienzeit	Direktzugriffe/Schnellzugriffe vorsehen	Kapitel 6.4.1, 3.1	23.06.16
4	F	Erhöhen der Bediensicherheit	Fehleingaben im Vergleich zu virtuellen Interfaces (reiner Touchscreen) reduzieren	Lastenheft	16.05.16
4.1	F	Geringere Ablenkung durch Bedienung	Ablenkung, messbar durch LCT, soll bei Bedienung des hybriden Interface geringer sein	2, 4	06.06.16
4.1	W	Komplexität gering halten	Keine Untermenüs; nur direkte Bedienung; WYSIWYG	[HAT-81, S. 27-32]	06.06.16
5	B	Umsetzen sinnvoller Funktionen	Für möglichst geringe Komplexität nur die wichtigsten Funktionen umsetzen	Umfrage	06.06.16

**Tabelle 7.4:** Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)

5.1	F	Funktionen von hoher Wichtigkeit umsetzen	Umsetzen von Funktionen, die in der Umfrage durchschnittlich mit sehr wichtig (1) oder wichtig (2) bewertet wurden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivieren des Warnblinklichts</li> <li>• Gebläse stärker oder schwächer stellen</li> <li>• Scheiben enteisen</li> <li>• (Navigations-)Karte anzeigen lassen</li> </ul>	Umfrage, 5	06.06.16
5.2	W	Funktionen mittlerer Wichtigkeit umsetzen	Umsetzen von Funktionen, die in der Umfrage durchschnittlich mit wichtig (2) bis mittel wichtig (2,5) bewertet wurden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>Uhrzeit anzeigen lassen</del></li> <li>• nächstes Lied</li> <li>• vorheriges Lied</li> <li>• Wechsel zwischen CD/USB/Bluetooth-Medien/Radio</li> <li>• Anruf annehmen</li> <li>• eingespeicherten Kontakt anrufen</li> <li>• Klimaanlage wärmer/kälter stellen</li> <li>• Klimaanlage auf eine bestimmte Temperatur einstellen</li> <li>• Gebläse auf eine bestimmte Stufe stellen</li> <li>• <del>Sitzheizung aktivieren</del></li> <li>• <del>gesamte Route anzeigen lassen</del></li> </ul>	Umfrage, 5	25.06.16
5.3	W	zusätzliche Funktionen umsetzen	Funktionen, die in aktuellen Automobilen (vgl. [AUD-16], [BMW-16], [DAI-16]) vorhanden sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>Uhrzeit einstellen</del></li> <li>• Liedtitel anzeigen</li> <li>• Senderinfo anzeigen</li> </ul>	[AUD-16], [BMW-16], [DAI-16], 5	
6	F	Form, Größe und Konnektivität	Beschränkung durch vorhandenes Material	IKTD	07.06.16
6.1	F	Touch-Screen als Basis	CINTIQ 27QHD touch; Größe: 770 x 465 x 54.5 mm; Bildschirmgröße: 596,7 mm x 335,6 mm; Pixel: 2560 px x 1440 px  Diagonale: 27" (686 mm); $4,29 \frac{px}{mm}$ bzw. $0,233 \frac{mm}{px}$	6, IKTD, [WAC-16]	07.06.16

Tabelle 7.5: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)

6.2	F	Lenkrad und Pedalerie für die Fahrsimulation	Logitech G920 Driving Force Lenkrad und Pedale	6	07.06.16
6.3	F	Nutzung einer Teilfläche des Touch-Screens	Beschränkung auf eine Fläche im Hochformat mit den Maßen:  890 x 1440 px (223,68 x 335,6 mm)	Umfrage	07.06.16
6.4	F	Anschlüsse	Zwischen Monitor und PC/Laptop:  1x USB + 1x DisplayPort  Zwischen Pedalerie/Lenkrad und PC/Laptop:  1x USB  Jeweils 1 Stromnetzanschluss für PC/Laptop, Pedalerie/Lenkrad, Monitor	6.1, 6.2	07.06.16
6.5	F	Software	Betriebssystem: Microsoft Windows 7, 8, 8.1 und 10 Programm zur Generierung eines Touch-Interface: IntuiFace Composer (kostenlose Testversion) Fahrsimulation: Lane Change Task (LCT) Umfragetool: UmfrageOnline.com	6	07.06.16
7	F	Studienablauf (Software)	Zu Vergleichszwecken ist eine Studie durchzuführen (Fahrsimulation mit Bedienung Interface)	Lastenheft	23.06.16
7.1	F	Simulationstool	Vorgaben:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• zuverlässig</li> <li>• valide</li> <li>• objektiv</li> <li>• möglichst kurzer Testablauf (&lt; 1h)</li> <li>• kostengünstig (&lt; 75€)</li> </ul> → Lane Change Task	6.5	23.06.16
7.2	F	Interfacesimulation (virtueller Teil)	IntuiFace Composer mindestens als Testversion	6.5	23.06.16
7.3	W	Interfacesimulation (virtueller Teil)	IntuiFace Composer als Vollversion; Kosten 199€ pro Monat	[INT-16]	23.06.16

**Tabelle 7.6:** Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)

7.4	W	Dauer Bedienszenario in der Studie begrenzen	Wenn Wunsch 7.3 nicht erfüllt ist, Begrenzung Bedienszenarien auf jeweils maximal 8 min; Ein Bedienszenario pro Gerade im LCT; Ein Bedienszenario pro Interfacemodul (Navigation, Media, Klima und Komfort)	[INT-16], 7.3	23.06.16
8	F	Günstige und realistischer Aufbau Interface und Fahrsimulator in der Studie	Ergonomie soll für alle Versuchsteilnehmer ähnlich sein; Fahrsimulation und Positionierung des Interface sollen so realitätsnah wie möglich sein	-	01.07.16
8.1	W	Positionierung Monitor so, dass keine Spiegelungen auftreten	Blickstrahl soll möglichst im 90°-Winkel auf den Bildschirm treffen	[ZÜH-12, S. 218], 8, Kapitel 2.2.5	01.07.16
8.2	F	Interface soll von allen Versuchsteilnehmern benutzt werden können	Unterkante Display soll im Ruhezustand (Oberarm parallel zum Oberkörper, Unterarm ca. 90° angewinkelt) berührt werden; Oberkante Display soll maximal bei ausgestrecktem Arm berührt werden können; Sitz soll verstellbar (Längsrichtung) sein (Stuhl)	8, Kapitel 2.2.5	01.07.16
8.3	W	Unterschied Blick auf Straße und Blick auf das Interface soll Fokuswechsel (Wechsel Brennpunkt) mit sich bringen	LCT-Monitor soll sich ca. 500 mm hinter dem Interface-Monitor befinden	8, Kapitel 4.1	01.07.16
9	F	Einhalten von Normen und Gesetztexten	Geltende Gesetze und Normen dürfen nicht verletzt werden	-	27.06.16
9.1	F	Einhalten der Vorgaben für die Warnblinklichtanlage	Nach § 53a (4) der StVZO: <ul style="list-style-type: none"> <li>• besonderer Schalter muss vorhanden sein.</li> <li>• Blink-Frequenz von 1,5 Hz <math>\pm</math> 0,5 Hz (90 Impulse <math>\pm</math> 30 Impulse in der Minute)</li> <li>• auffällige Kontrollleuchte</li> </ul>	[BUN-16], 9	27.06.16
10	B	Angestrebte Kosten nicht überschreiten	Gesamtkosten für den Prototyp (Hard- und Software) von 100€ sollen nicht überschritten werden	T. Glohr, M.Sc.	05.05.16

**Tabelle 7.7:** Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)

## 7.3 Umfrage auf UmfrageOnline.com

Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"

0 %

Hallo liebe Umfrageteilnehmer/innen,

danke, dass Sie sich die Zeit nehmen.

Ich schreibe derzeit meine Bachelorarbeit an der Universität Stuttgart und möchte im Rahmen dieser Arbeit ein hybrides User-Interface in der Mittelkonsole eines PKW entwickeln. Nun möchte ich gerne von Ihnen wissen, was Ihrer Meinung nach zu einem Infotainment-System gehört bzw. wie häufig Sie es brauchen und benutzen.

Die Umfrage ist selbstverständlich anonym und ich werde die Daten nur unmittelbar für diese Arbeit verwenden.

Für Fragen und/oder Anregungen stehe ich gerne jederzeit zur Verfügung per Mail an [REDACTED]

Besten Dank  
Adrian G. Henrich

**Bild 7.1:** Umfrage Seite 1

## Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"

14 %

Zunächst einige Fragen zu Ihrer Person.

Ziel ist es festzustellen, ob Personen unterschiedlichen Alters und Fahrerfahrung unterschiedliche Ansprüche an Funktionen von PKW-Infotainment-Systemen haben.

**Welches Geschlecht haben Sie?**

**Wie alt sind Sie?**

**Wie lange haben Sie schon Ihren Führerschein? \***

**Wie viele Kilometer legen Sie jährlich als Fahrer zurück (geschätzt)? \***

**Was für PKW fahren Sie derzeit (innerhalb der letzten 12 Monate)?**

Ideal ist hier eine Antwort in der Form [Marke], [Modell], [Baujahr]; ...

Mehrfachnennungen sind möglich.

**Was für Anzeigen und Bedienelemente haben Sie in Ihrer Mittelkonsole? \***

Sollten Sie sich nicht sicher sein, wählen Sie bitte: "Kann ich nicht beantworten".

**Hat Ihr PKW die Möglichkeit einer Sprachsteuerung (Sprachein- und/oder -ausgabe)? \***

- ja  
 nein

**Wie häufig verwenden Sie im PKW eine Sprachbedienung?**

Sollten Sie die vorangegangene Frage mit "nein" beantwortet haben, können Sie hier mit "nicht beurteilbar" antworten.

Ich nutze sie...      sehr häufig      oft      manchmal      selten      nie      nicht beurteilbar

**Bild 7.2:** Umfrage Seite 2

**Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"**

29 %

**Für wie wichtig halten Sie die genannten Funktionen? \***

Sollten Sie sich unter einer Funktion nichts vorstellen können, wählen Sie "nicht beurteilbar".

	sehr wichtig	wichtig	durchschnittlich	eher unwichtig	unwichtig	nicht beurteilbar
Warnblinklicht aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uhrzeit anzeigen lassen/ablesen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender aus Favoritenliste auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender auswählen z.B. Frequenz eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender speichern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächstes Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vorheriges Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Musik pausieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischen CD/USB/Bluetooth/Radio wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anruf annehmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kontakt anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unbekannte Nummer anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage wärmer/kälter stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage auf bestimmte Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebälse stärker/schwächer stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebälse auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Scheiben enteisen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adresse eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel von Interesse ohne Adresse eingeben z.B. nächste Werkstatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamte Route anzeigen lassen (Übersicht über gesamte Route auf der Karte)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächste Raststätte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung konfigurieren z.B. „Fahrerlebnisschalter“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung individuell konfigurieren z.B. Individualprofil anlegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weitere Funktionen (optional)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 7.3: Umfrage Seite 3**



**Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"**

43 %

**Wie häufig verwenden Sie die genannten Funktionen? \***

Sollten Sie eine Funktion nicht benutzen wählen Sie "nicht beurteilbar".

	sehr häufig	oft	manchmal	selten	nie	nicht beurteilbar
Warnblinklicht aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uhrzeit anzeigen lassen/ablesen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender aus Favoritenliste auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender auswählen z.B. Frequenz eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender speichern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächstes Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vorheriges Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Musik pausieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischen CD/USB/Bluetooth/Radio wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anruf annehmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kontakt anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unbekannte Nummer anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage wärmer/kälter stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage auf bestimmte Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebläse stärker/schwächer stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebläse auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Scheiben enteisen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adresse eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel von Interesse ohne Adresse eingeben z.B. nächste Werkstatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamte Route anzeigen lassen (Übersicht über gesamte Route auf der Karte)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächste Raststätte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung konfigurieren z.B. „Fahrerlebnisschalter“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung individuell konfigurieren z.B. Individualprofil anlegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weitere Funktionen (optional)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 7.4:** Umfrage Seite 4

Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"

57 %

Wie lange brauchen Sie für die Verwendung der genannten Funktionen?

Damit ist die Zeit vom Zeitpunkt der Entscheidung, die Funktion zu nutzen, bis zum Eintreten des gewünschten Effektes gemeint. \*

Sollten Sie eine Funktion nicht benutzen wählen Sie "nicht beurteilbar".

	unter 1 Sekunde	1-3 Sekunden	4-7 Sekunden	8-12 Sekunden	12 Sekunden bis 1 Minute	1-2 Minuten	länger als 2 Minuten	nicht beurteilbar
Warnblinklicht aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uhrzeit anzeigen lassen/ablesen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender aus Favoritenliste auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender auswählen z.B. Frequenz eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuen Radiosender speichern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächstes Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vorheriges Lied	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Musik pausieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zwischen CD/USB/Bluetooth/Radio wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anruf annehmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kontakt anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Unbekannte Nummer anrufen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage wärmer/kälter stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimaanlage auf bestimmte Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebläse stärker/schwächer stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gebläse auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sitzheizung auf bestimmte Stufe stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Scheiben enteisen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adresse eingeben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel von Interesse ohne Adresse eingeben z.B. nächste Werkstatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesamte Route anzeigen lassen (Übersicht über gesamte Route auf der Karte)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nächste Raststätte anzeigen lassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung konfigurieren z.B. „Fahrerlebnisschalter“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenkung individuell konfigurieren z.B. Individualprofil anlegen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weitere Funktionen (optional)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bild 7.5: Umfrage Seite 5

Umfrage für meine Bachelorarbeit "Entwicklung eines hybriden Interface zur Reduzierung von Fahrerablenkung bei der Bedienung von PKW-Infotainment-Systemen"

71 %

Tesla Model S



Können Sie sich vorstellen, einen solchen Touchscreen anstatt einer konventionellen Mittelkonsole zu benutzen?

- ja  
 nein

Tesla Model 3 (Vorserienfahrzeug)



Können Sie sich vorstellen, einen solchen Touchscreen anstatt einer konventionellen Mittelkonsole zu benutzen?

- ja  
 nein

Können Sie Ihre Entscheidung begründen?

**Bild 7.6:** Umfrage Seite 6

## 7.4 Umfrageergebnisse von UmfrageOnline.com

Für Seite 1 (Bild 7.1) sind keine Ergebnisse vorhanden. Die Umfrage wurde von  $n = 82$  Teilnehmenden beantwortet. Die bei den jeweiligen Einzelfragen angegebene Teilnehmeranzahl kann von diesem Wert abweichen, da nicht alle Teilnehmenden sämtliche Fragen beantwortet haben.

### 1. Welches Geschlecht haben Sie?

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 79

48 (60.8%): männlich

31 (39.2%): weiblich



### 2. Wie alt sind Sie?

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 79

- (0.0%): 0-15

1 (1.3%): 16-17

18 (22.8%): 18-20

41 (51.9%): 20-30

3 (3.8%): 30-40

8 (10.1%): 40-50

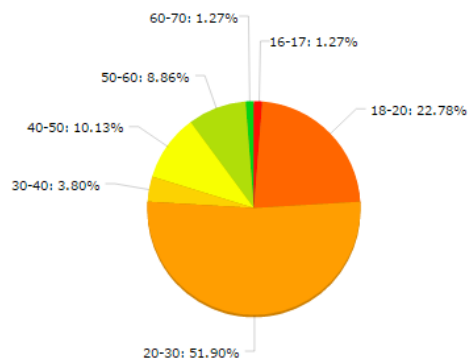
7 (8.9%): 50-60

1 (1.3%): 60-70

- (0.0%): 70-80

- (0.0%): 80-90

- (0.0%): 90-100



**Bild 7.7:** Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2)

## 3. Wie lange haben Sie schon Ihren Führerschein? \*

[.png](#)
[.pdf](#)
[.xls](#)
[.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 80

1 (1.3%): Ich habe keinen Führerschein.

5 (6.3%): Ich bin Fahranfänger.

23 (28.8%): 2-5 Jahre.

28 (35.0%): 5-10 Jahre.

6 (7.5%): 10-20 Jahre.

9 (11.3%): 20-30 Jahre.

8 (10.0%): 30-40 Jahre.

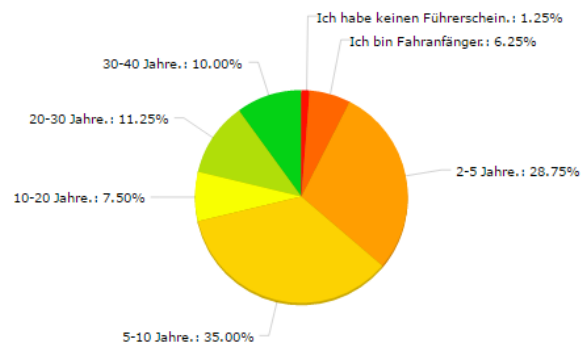
- (0.0%): 40-50 Jahre.

- (0.0%): 50-60 Jahre.

- (0.0%): 60-70 Jahre.

- (0.0%): 70-80 Jahre.

- (0.0%): 80-90 Jahre.



## 4. Wie viele Kilometer legen Sie jährlich als Fahrer zurück (geschätzt)? \*

[.png](#)
[.pdf](#)
[.xls](#)
[.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 81

2 (2.5%): Ich fahre nicht selber.

10 (12.3%): Unter 5.000km

32 (39.5%): 5.000-10.000km

24 (29.6%): 10.000-20.000km

9 (11.1%): 20.000-30.000km

3 (3.7%): 30.000-40.000km

1 (1.2%): Mehr als 40.000km

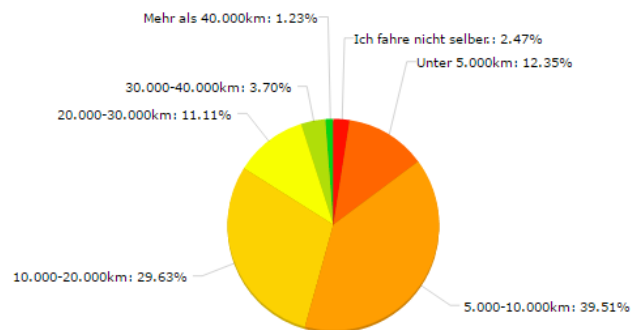


Bild 7.8: Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)

5. Was für PKW fahren Sie derzeit (innerhalb der letzten 12 Monate)?  
Idee ist hier eine Antwort in der Form [Marke], [Modell], [Baujahr]; ...

[.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 77

- Mercedes-Pkw, schnelle Pkw, schwarze Pkw und ab und zu auch andere
- Kleinwagen, Mittelklassewagen
- Audi A6 2011 - BMW 420d 2014 - Renault Scenic 2016
- Audi A6 3.0 TDI 2012; BMW 420d 2013; Renault Scenic 2016; Seat Ibiza 2016
- Ford Fiesta 2008
- VW ,New Beetle, 2003
- mb a169 bj 2008
- Hyundai, Getz, 2004
- Mercedes cla 2015
- Mercedes SLK Bj. 2015
- Volvo V50, Bj. 2010
- Porsche Boxster
- Skoda Yeti 2010
- smart fortwo 2015, Mercedes C-Klasse 2004, Mercedes B-Klasse 2016
- Renault
- BMW, Mini, 2008
- Audi a6, slk
- Alpina B3S Biturbo Cabriolet ;-)
- BMW, 116i, 2013
- Peugeot 207 BJ2010
- Mercedes-Benz, C-Klasse, 2016
- Smart for 2 Baujahr 2016, C Klasse 2016 Mercedes
- Toyota Auris Okt. 2008
- VW Golf 5 Bj. 2007
- E39 530d 2002; MX-5 NB 1999
- Opel Astra
- Kia, Rio Spirit, 2012
- Audi, A6, 2013
- VW Golf Gti VIII
- VW Golf 6, 2008
- Opel, Corsa; Mercedes, S500
- Peugeot 107 2009
- VW, Golf, 2010
- Ford, Fiesta, 2010
- Fiat Seicento
- BMW 530 xd, 2005
- BMW, 118i, 2010
- VW Golf VI
- Toyota Yaris; Suzuki Splash
- Ford Grand C-max 2011
- ford Focus
- Renault, Twingo, 2007; Mazda, MX-5, 2016
- Dacia, Sandero, Baujahr 2008
- Polo, VW, Baujahr: 2005
- Renault Clio 2009
- Mercedes-Benz, GLC, 2015; Mercedes-Benz, C-Klasse, 2016; Mercedes-Benz, A-Klasse, 2009; Ford, Fiesta, 2008
- VW, Lupo, 2001
- Skoda, Oktavia
- Audi, A3, 1998
- VW, Tiguan, 2009
- Fiat Punto 2011
- VW Tiguan
- BMW, 3er, 1986
- Bmw 318i e46 bj. 2002
- Peugeot 307sw, ford fiesta 2007, ford c-max 2015
- VW, Polo, 1998; Skoda, Oktavia, 2004
- BMW, E39 530d, 2003
- Audi, 80, 1991
- Ford, C-Max, BJ 2006
- Mercedes E220 Diesel, T-Modell
- Vw polo, skoda superb, vw up, vw t5, ford transit
- Vw up
- Peugeot, 207, 2009
- Opel, Astra, 2001
- Mercedes E-Klasse Baujahr 1996
- VW Golf 4 1999, Toyota Previa 2001
- Skoda Fabia
- Skoda Fabia, VW Golf Kombi
- Mercedes, B-Klasse, 2011
- VW Golf 5 Baujahr 2008
- Mercedes A180 2010
- VW Golf
- Audi A6 2015
- OPEL Astra BJ. 2008 Blau
- ford fiasko 2006
- Audi A4 2003
- Toyota Auris

**Bild 7.9:** Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)

6. Was für Anzeigen und Bedienelemente haben Sie in Ihrer Mittelkonsole? \*

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 82

17 (20.7%): Kann ich nicht beantworten.

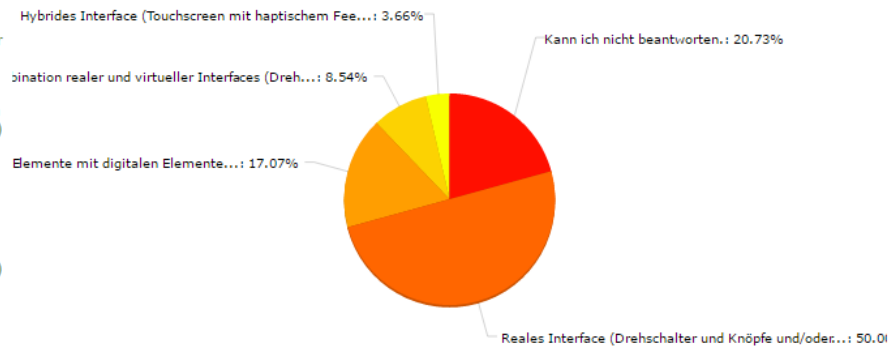
41 (50.0%): Reales Interface (Drehschalter und Knöpfe und/oder Touchpad(s)).

14 (17.1%): Kombination realer Elemente mit digitalen Elementen (Drehschalter/Knöpfe/Touchpad(s) und Display(s)).

0 (0.0%): Virtuelles Interface (Touchscreen).

7 (8.5%): Kombination realer und virtueller Interfaces (Drehschalter/Knöpfe/Touchpad(s) und Touchscreen).

3 (3.7%): Hybrides Interface (Touchscreen mit haptischem Feedback).



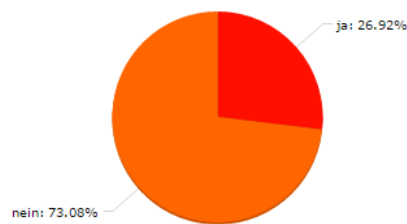
7. Hat Ihr PKW die Möglichkeit einer Sprachsteuerung (Sprachein- und/oder -ausgabe)? \*

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 78

21 (26.9%): ja

57 (73.1%): nein



8. Wie häufig verwenden Sie im PKW eine Sprachbedienung?

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 78

	sehr häufig (1)		oft (2)		manchmal (3)		selten (4)		nie (5)		nicht beurteilbar (0)	Arithmetisches Mittel (Ø)		Standardabweichung (±)					
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		Ø	±	1	2	3	4	!	
Ich nutze sie...	1x	1,28	6x	7,69	4x	5,13	5x	6,41	18x	23,08	44x	3,97	1,29						

Bild 7.10: Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)

9. Für wie wichtig halten Sie die genannten Funktionen? \*

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 75

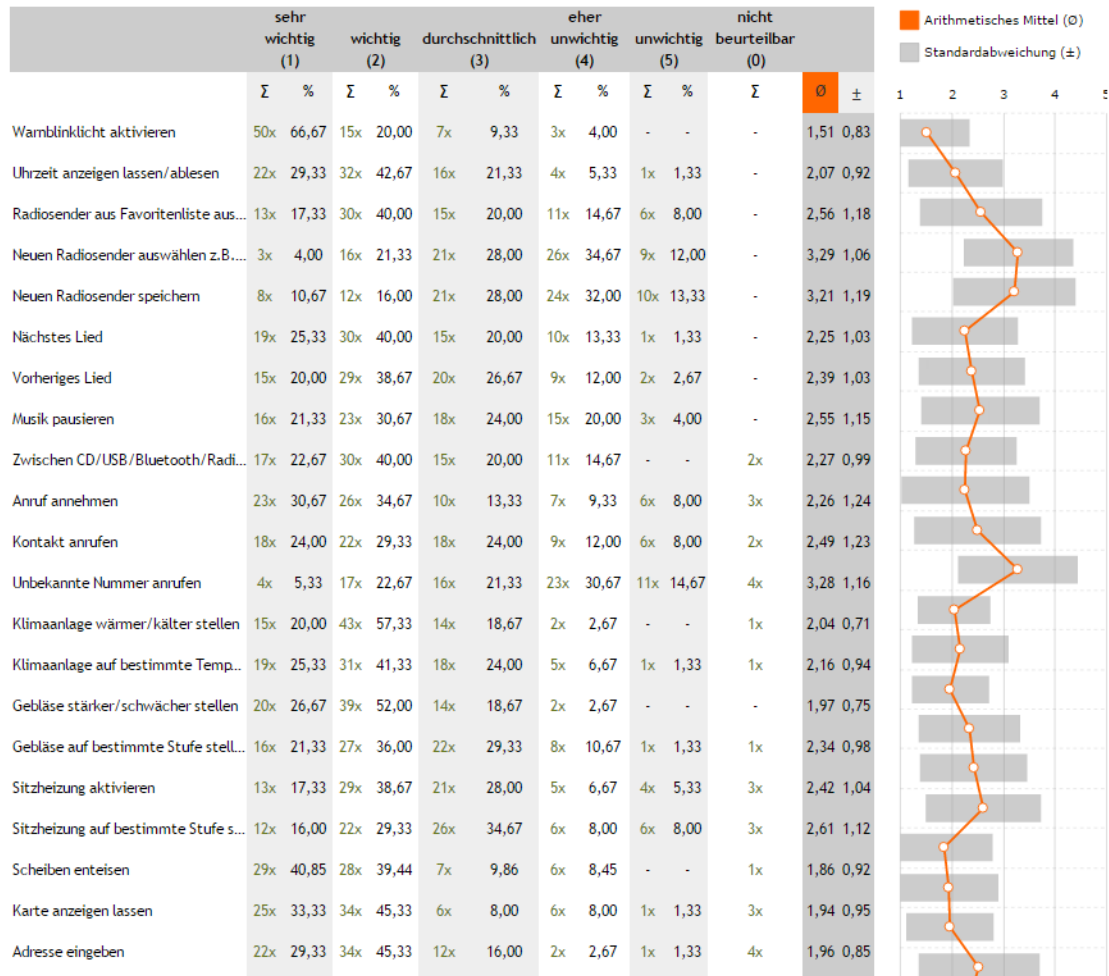


Bild 7.11: Umfrageergebnisse Seite 3 (vgl. Bild 7.3)



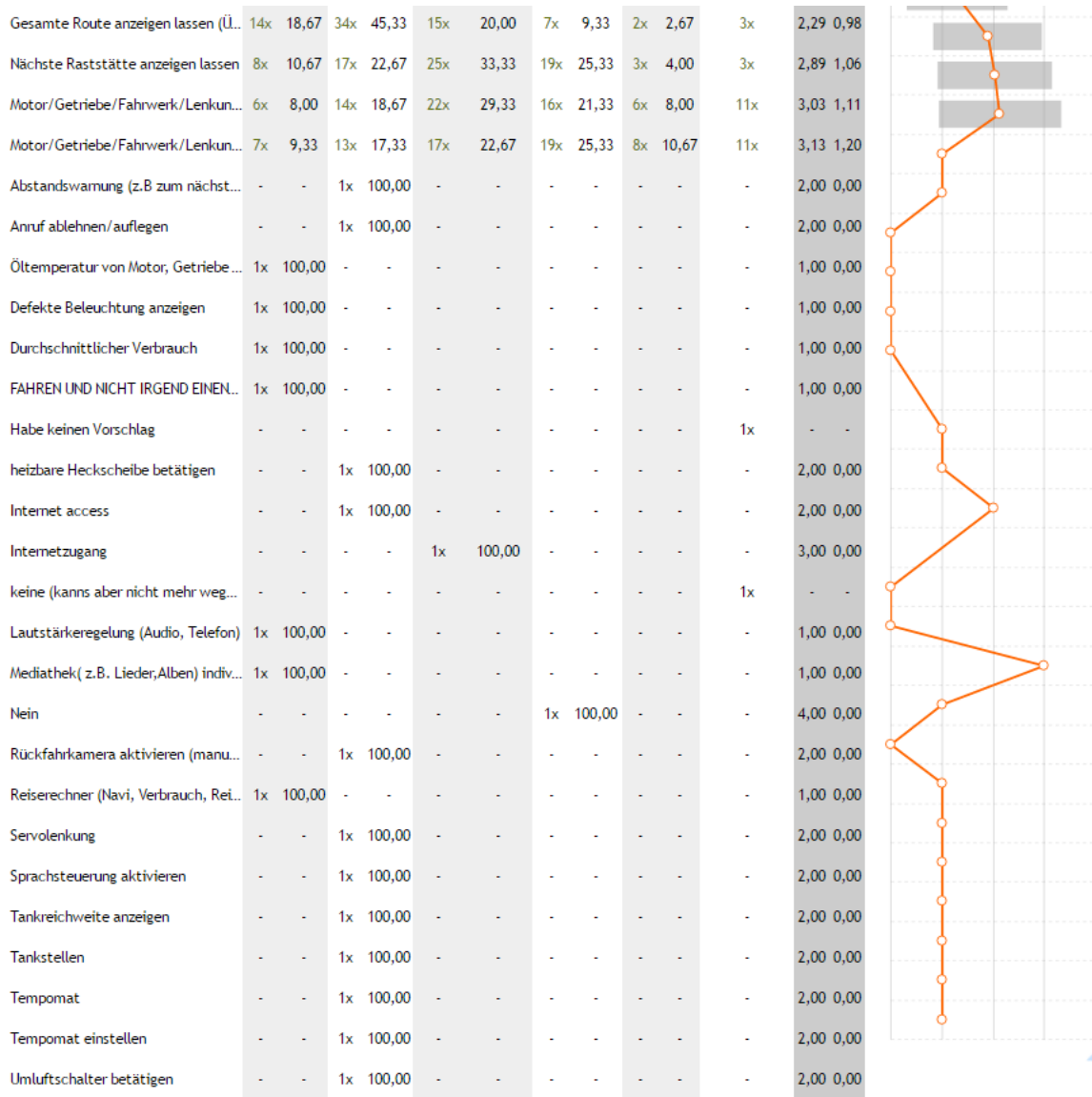
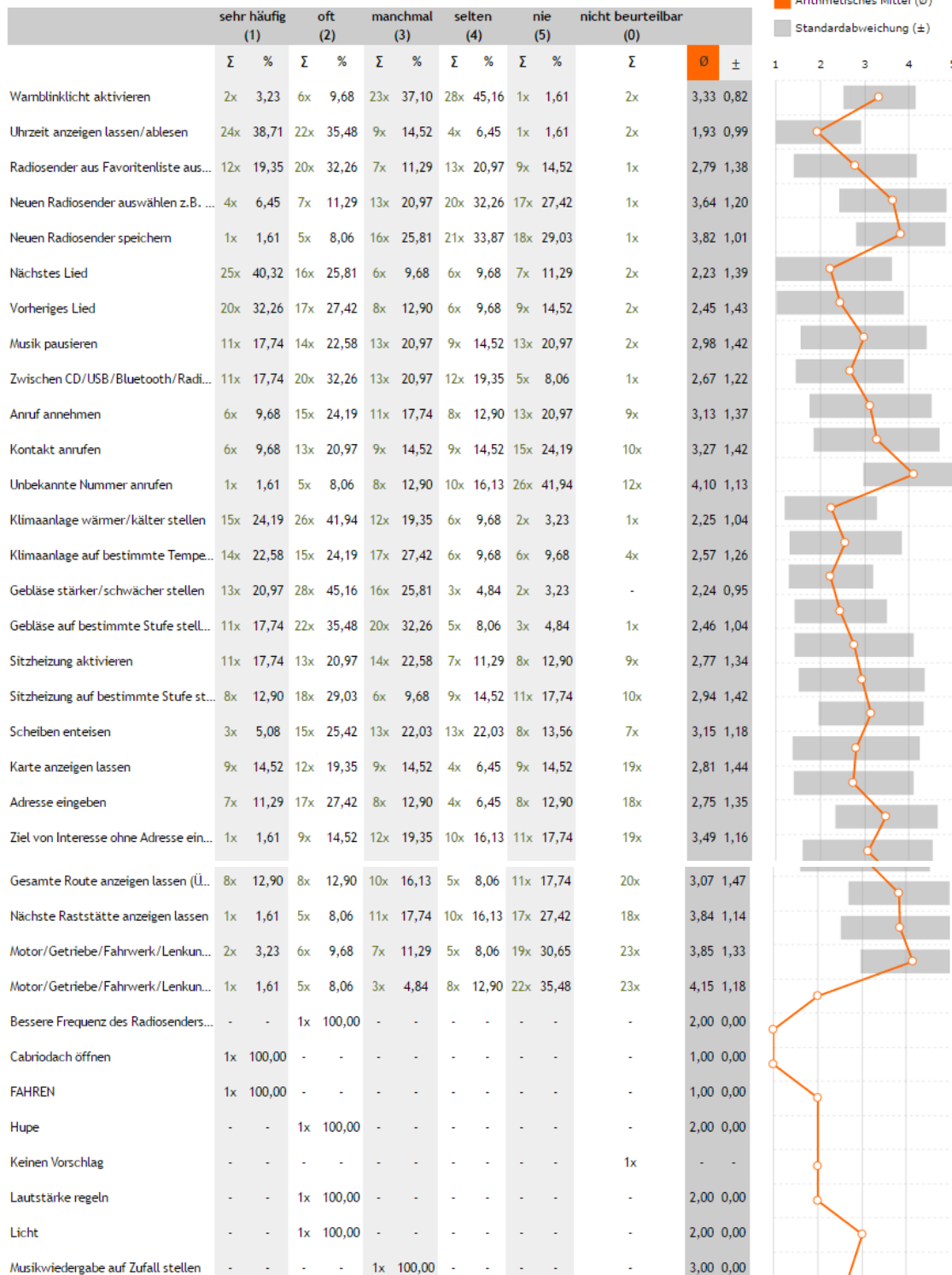


Bild 7.12: Umfrageergebnisse Seite 3 (vgl. Bild 7.3) (Fortsetzung)

10. Wie häufig verwenden Sie die genannten Funktionen? \*

.png .pdf .xls .csv

Anzahl Teilnehmer: 62



Um die Werte in die Formel 7.5 einsetzen zu können, müssen die Gegenwerte verwendet werden, da in Kapitel 3.1.3 "sehr häufig" als 5 und "selten bis nie" als 1 festgelegt wurden. Es gilt also z. B.:  $2,73 \rightarrow 5 - 2,73 = 2,27$

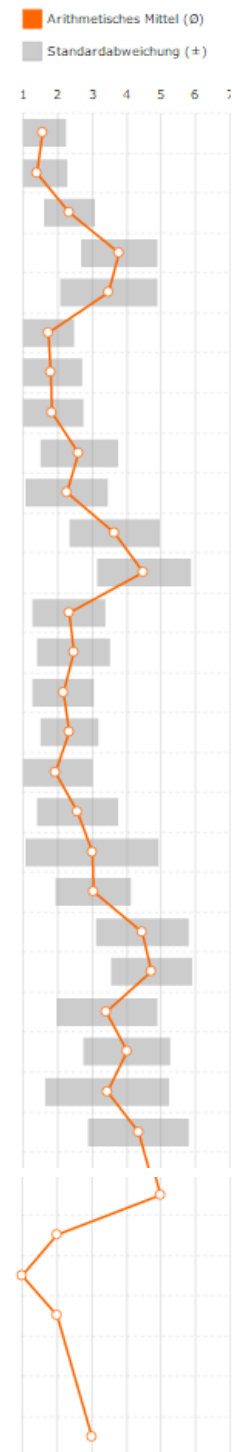
Bild 7.13: Umfrageergebnisse Seite 4 (vgl. Bild 7.4)

11. Wie lange brauchen Sie für die Verwendung der genannten Funktionen?  
Damit ist die Zeit vom Zeitpunkt der Entscheidung, die Funktion zu nutzen, bis zum Eintreten des gewünschten Effektes gemeint. \*

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 55

	unter 1 Sekunde (1)		1-3 Sekunden (2)		4-7 Sekunden (3)		8-12 Sekunden (4)		12 Sekunden bis 1 Minute (5)		1-2 Minuten (6)		länger als 2 Minuten (7)		nicht beurteilbar (0)		Σ	D	±
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%			
Wärmblicklicht aktivieren	26x	47,27	24x	43,64	2x	3,64	1x	1,82	-	-	-	-	-	-	2x	-	1,58	0,66	
Uhrzeit anzeigen lassen/ablesen	38x	69,09	10x	18,18	3x	5,45	-	-	-	-	1x	1,82	-	-	3x	-	1,40	0,87	
Radiosender aus Favoritenliste au...	3x	5,45	29x	52,73	12x	21,82	4x	7,27	-	-	-	-	-	-	7x	-	2,35	0,73	
Neuen Radiosender auswählen z. B...	1x	1,82	3x	5,45	16x	29,09	12x	21,82	11x	20,00	2x	3,64	-	-	10x	-	3,78	1,11	
Neuen Radiosender speichern	1x	1,82	12x	21,82	12x	21,82	10x	18,18	5x	9,09	4x	7,27	1x	1,82	10x	-	3,49	1,41	
Nächstes Lied	20x	36,36	24x	43,64	3x	5,45	2x	3,64	-	-	-	-	-	-	6x	-	1,73	0,76	
Vorheriges Lied	19x	34,55	24x	43,64	3x	5,45	2x	3,64	1x	1,82	-	-	-	-	6x	-	1,82	0,88	
Musik pausieren	20x	36,36	18x	32,73	7x	12,73	1x	1,82	1x	1,82	-	-	-	-	8x	-	1,83	0,92	
Zwischen CD/USB/Bluetooth/Rad...	5x	9,09	22x	40,00	16x	29,09	2x	3,64	4x	7,27	1x	1,82	-	-	5x	-	2,62	1,12	
Anruf annehmen	9x	16,36	16x	29,09	8x	14,55	3x	5,45	-	-	-	-	1x	1,82	18x	-	2,27	1,19	
Kontakt anrufen	1x	1,82	7x	12,73	9x	16,36	8x	14,55	10x	18,18	-	-	1x	1,82	19x	-	3,64	1,31	
Unbekannte Nummer anrufen	-	-	2x	3,64	4x	7,27	7x	12,73	7x	12,73	4x	7,27	2x	3,64	29x	-	4,50	1,36	
Klimaanlage wärmer/kälter stell...	9x	16,36	26x	47,27	15x	27,27	2x	3,64	1x	1,82	-	-	1x	1,82	1x	-	2,33	1,06	
Klimaanlage auf bestimmte Temp...	5x	9,09	21x	38,18	16x	29,09	1x	1,82	1x	1,82	-	-	1x	1,82	10x	-	2,47	1,06	
Gebläse stärker/schwächer stellen	10x	18,18	31x	56,36	11x	20,00	1x	1,82	2x	3,64	-	-	-	-	-	-	2,16	0,88	
Gebläse auf bestimmte Stufe stel...	5x	9,09	31x	56,36	13x	23,64	2x	3,64	2x	3,64	-	-	-	-	2x	-	2,34	0,85	
Sitzheizung aktivieren	15x	27,27	20x	36,36	3x	5,45	3x	5,45	-	-	1x	1,82	-	-	13x	-	1,95	1,06	
Sitzheizung auf bestimmte Stufe...	4x	7,27	18x	32,73	11x	20,00	2x	3,64	1x	1,82	2x	3,64	-	-	17x	-	2,58	1,18	
Scheiben enteisen	9x	17,31	12x	23,08	4x	7,69	5x	9,62	2x	3,85	3x	5,77	3x	5,77	14x	-	3,00	1,92	
Karte anzeigen lassen	2x	3,64	7x	12,73	11x	20,00	6x	10,91	3x	5,45	-	-	-	-	26x	-	3,03	1,09	
Adresse eingeben	-	-	2x	3,64	5x	9,09	10x	18,18	8x	14,55	3x	5,45	3x	5,45	24x	-	4,45	1,34	
Ziel von Interesse ohne Adresse e...	-	-	1x	1,82	1x	1,82	9x	16,36	10x	18,18	1x	1,82	3x	5,45	30x	-	4,72	1,17	
Gesamte Route anzeigen lassen (...)	1x	1,82	8x	14,55	7x	12,73	5x	9,09	5x	9,09	1x	1,82	1x	1,82	27x	-	3,43	1,45	
Nächste Raststätte anzeigen lass...	1x	1,82	2x	3,64	4x	7,27	9x	16,36	8x	14,55	-	-	1x	1,82	30x	-	4,00	1,26	
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenku...	2x	3,64	6x	10,91	1x	1,82	3x	5,45	4x	7,27	1x	1,82	1x	1,82	37x	-	3,44	1,79	
Motor/Getriebe/Fahrwerk/Lenku...	-	-	2x	3,64	3x	5,45	3x	5,45	7x	12,73	-	-	2x	3,64	38x	-	4,35	1,46	
Cabriodach öffnen	-	-	-	-	-	-	-	-	1x	100,00	-	-	-	-	-	-	5,00	0,00	
Eco Modus	-	-	1x	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	0,00	
FAHREN	1x	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,00	
Funktionswechsel	-	-	1x	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	0,00	
Habe keine weiteren Funktionen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1x	-	-	-	
Nein	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1x	-	-	-	
Resttankreichweite	-	-	-	-	1x	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	0,00	



Um die Werte in die Formel 7.5 einsetzen zu können, müssen die Werte angepasst werden, da in Kapitel 3.1.3 "bis zu 1 Sekunden" als 1 und "über 1 Minuten" als 5 festgelegt wurden. Die Möglichkeiten 5-7 werden also zu 5 zusammengefasst.

**Bild 7.14:** Umfrageergebnisse Seite 5 (vgl. Bild 7.5)

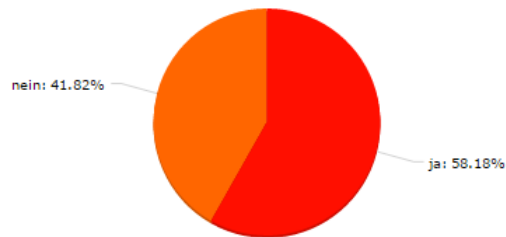
12. Können Sie sich vorstellen, einen solchen Touchscreen anstatt einer konventionellen Mittelkonsole zu benutzen?

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 55

32 (58.2%): ja

23 (41.8%): nein



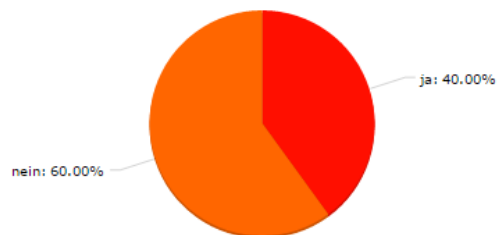
13. Können Sie sich vorstellen, einen solchen Touchscreen anstatt einer konventionellen Mittelkonsole zu benutzen?

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Anzahl Teilnehmer: 55

22 (40.0%): ja

33 (60.0%): nein



**Bild 7.15:** Umfrageergebnisse Seite 6 (vgl. Bild 7.6)

## 14. Können Sie Ihre Entscheidung begründen?

.xls .csv

Anzahl Teilnehmer: 41

- nein heißt, nicht ausschließlich. Einige Funktionen möchte ich direkt am Lenkrad haben. Und zwar so erreichbar, dass man die Hände nicht vom Lenkrad lösen muss.
  - Eine Mittelkonsole mit realen Elementen (Schalter, Drehknöpfe) erlaubt es nach einiger Eingewöhnungszeit die für einen persönlich wichtigsten Elemente zu bedienen, ohne den Blick auf die Mittelkonsole richten zu müssen.
  - Bei einem Touchscreen, der eventuell verschiedene Ansichten (Radio, Klima, etc.) hat, halte ich dies für ein großes Risiko. Der Blick muss zur Mittelkonsole, da man keinen haptischen Anhaltspunkt auf der Oberfläche hat und man erst einmal realisieren muss, in welchem Menü man sich gerade befindet.
  - Touchscreen generell ja, gem mit haptischen Luftblässchen (somit angepasstes wiederkehrendes UI) aber den Tacho in der Mitte sehe ich als essentiell wichtig, außer ich habe ein HUD
  - Nein, man muss dauern hin schauen, ganz schlecht
  - Ich denke, beim Knöpfedrücken und Schalterklicken kann man "automatischer" agieren, ohne hinzugucken, weil man die Anordnung der Knöpfe und Schalter kennt. Beim Touchscreen besteht die Gefahr der Ablenkung enorm, zumal Schwierigkeiten durch z.B. schlechte Sicht (extreme Sonneneinstrahlung und dadurch schlecht erkennbares Display) oder verschmierte Finger dazukommt.
  - bedingt ja, wenn die Bedienung einzelner Funktionen nicht schlechter ist, als die herkömmliche Bedienung (an der Tür (Fensterheber/Verriegelung), Laut/Leise am Lenkrad) und wenn das Display absolut zuverlässig zu bedienen ist, d.h. keine Blendeffekte, keine Ausfälle
- des Weiteren erhoffe ich mir eine Vereinheitlichung in der Bedienung bei unterschiedlichen Fahrzeugen; eine Bedienung die flexibel / individualisierbar in der Auswahl der dargestellten Informationen ist.
- Vielleicht ist es einfach ungewohnt, aber ich mag meine Knöpfe und Drehschalter, um manuell zB Gebläse oder die Temperatur einstellen zu können.
  - Zu unübersichtlich
  - In den meisten Haushalten ist ein Tablet-PC in Verwendung, so dass die Umstellung meiner Ansicht nach eher intuitiv ausfallen wird.
  - Wirkt unübersichtlich, Funktionen vermutlich umständlich auffindbar
  - Man sieht alles auf einen Blick
  - Freie konfigurierbarkeit
  - Version 1 ist besser im Blickfeld als Version 2, daher weniger Gefahr des Abgelenktwerdens. Allerdings sind heute viele Funktionen in Knöpfen im Lenkrad besser zu erreichen und mit weniger Ablenkung zu bedienen als bei einem Touchscreen. Wenn ich also die Wahl hätte, einen großen Touchscreen zu bekommen, dafür aber auf alle Knöpfe verzichten zu müssen, würde ich eher auf den Touchscreen verzichten. Die Knopfbedienung ist schnell, intuitiv und ohne Blickkontakt möglich, auf dem Touchscreen müsste ich immer erst die richtige Stelle suchen und dazu mein Auge vom Verkehr ablenken.
  - Futuristisch = Gut
  - Meiner Meinung nach sind Touchscreens viel einfacher zu bedienen als "Tastenkonsolen".
  - Ich mag Schalter:
  - Bei z.B. Aktivieren des Wamblinklichts gucke ich nicht auf die Mittelkonsole und brauche etwas zum Ertasten aka Knopf
  - Ich habe lieber die Augen auf der Strasse und den Verkehr. Ein Touchscreen wuerde mich zu viel ablenken.
  - Innovativ, aufgeräumt, modern
  - Bestimmte Knöpfe sind durch Form und Position einfach zu merken. Verstellung der Temperatur, Radio und co sind somit möglich ohne die Augen von der Straße zu nehmen.
  - Wenn ich ein Tablet will dann halte ich an und spiele dann Candy Crush! Derartige Interfacegestalten werden die Konzentration von der Straße vermindern.
  - Würde sicherlich einiges vereinfachen auf der anderen Seite schafft es auch eine weit aus größere Ablenkungsgefahr
  - Tasten sind oft z.B. für Klimaanlage wamblicke etc. einfacher und schneller zu bedienen, da Lage bekannt ist. Aber wiederum ein Display für Funktionen die während des Fahrens nicht all zu lange zum aktivieren benötigen, ist ebenfalls unverzichtbar
  - Touchscreen generell ja, vor allem für sämtliche Multimedia und Infotainment-Funktionen. Jedoch halte ich die Beibehaltung von einigen Schaltern/Tasten in der Mittelkonsole für sinnvoll.
  - Wenn es eine einfache Bedienung hat, kompakter als manuelle Bedienung
  - Negativ: falls Defekt in der Elektronik nicht benutzbar
  - Knöpfe etc. sind für mich einfacher zu bedienen als ein Touchscreen. Außerdem verschmiert gem ein Touchscreen oder spiegelt im Licht, Knöpfe etc. nicht. Zudem kann ein Touchscreen schneller kaputt gehen oder ausfallen.
  - Wäre mir persönlich (nach der Ansicht in den zwei Beispielfotos) etwas zu unübersichtlich! Theoretisch nach einiger Zeit wahrscheinlich schon möglich und auch einfach Gewöhnungssache, würde aber dafür plädieren, dass es dabei auch so eine Art Bildschirmschoner (am besten einfach ein schwarzer Screen) gibt. Ansonsten wäre es für mich einfach auch eine große Ablenkung.
  - Die Bedienelemente sehen optisch sehr schön aus, man bekommt aber kein haptisches Feedback, sondern muss vor dem Bedienen hinschauen, wo sich die entsprechende Stelle auf dem Touchscreen befindet. Bei manuellen Knöpfen kann man diese fühlen, ohne den Blick lange von der Fahrbahn zu nehmen.
- Bildschirm wie im Tesla Model 3 ist etwas "externes"... sieht eher aus wie ein Fernseher
  - Ein reales Interface mit digitalen Elementen ist deutlich schneller und sicherer zu bedienen.
  - Übersichtlich und angepasst an die heutige Technik
  - Das Modell S3 hat ungefähr die gleiche Breite wie eine herkömmliche Konsole. Der Weg vom Lenker zum Screen ist daher der gleiche. Daher finde ich es etwas besser. Bei Model 3 ist der etwas weiter, denke ich. Das Wichtigste ist aber, dass man sich auf die Straße konzentriert und nicht auf einen doofen Touchscreen. Knöpfe kann ich notfalls auch blind ertasten. Grundsätzlich ist touch ja ok, aber was, wenn der Bildschirm kaputt geht, weil z.B. ein Kind was dagegen wirft? Dann kann ich nicht mal mehr den Wamblinker anstellen.
  - Die Bedienung bestimmter Funktionen durch Knöpfe erscheint mir einfacher und bietet damit ein weniger großes Potential zur Ablenkung. Deshalb finde ich, dass wichtige und sehr häufig genutzte Funktionen noch zusätzlich mit Knopf zur Verfügung gestellt werden sollten.
  - Bei guter Bedienoberfläche gut vorstellbar, allerdings nachteilig beim "blind" Bedienen / ohne den Blick von der Straße zu nehmen.
  - Im Tesla Model S ist noch zusätzlich eine Anzeige hinter dem Lenkrad erkennbar, was den Touchscreen "entlastet" und einen schnellen Blick auf die wichtigsten Informationen ermöglicht.
- Der Bildschirm des Tesla Model 3 ist durch das Querformat schwieriger zu bedienen; das rechte Ende des Bildschirms scheint weit weg vom Fahrer zu sein, durch die Handbewegung vom Lenkrad zum rechten Rand kann es zu ungewünschten Berührungen kommen.
- Wobei ein querformatiger Bildschirm mit begrenzter Höhe und Breite besser wäre als ein Hochformat, da er schneller erfasst werden kann.
- Sieht mehrere Male umständlicher und mit unnötigen Optionen vollgestopft als notwendig, ausserdem viel zu groß
  - Ich denke für dich wichtigsten (Notfall-) Aktionen, wie zB das Einschalten der Wamblinkanlage, das Ausstellen des Radios zum besseren Hören der Umgebung (beim Einparken oder auch zum Lokalisieren eines Rettungs-/Polizeiwagens mit Sirene) sollte ein Knopf zur Verfügung stehen, um schnellstmöglich handeln zu können und nicht Gefahr laufen zu können, sich zu "Verdrücken" wie zB auf einem Touchpad. Ich vergleiche dies zB mit meinem Smartphone -die wichtigsten Funktionen (An/Ausschalten, Lautstärke verändern, Tastensperre einstellen etc.) funktionieren dort ja auch weiterhin per Knopf und ich finde dies mit am Besten um schnell und vor allem "treffsicher" handeln zu können. Schließlich sollte im Auto die Sicherheit immer über dem Design o.ä. stehen!
- Des Weiteren ist zu Überlegen, inwiefern ein Touchpad bei einem Unfall nicht sogar ein zusätzliches Verletzungsrisiko darstellen kann, wenn es zB bei einem Unfall zersplittert und die Insassen verletzt etc.
- Hier sollte wohl eine Art Sicherheitsglas o.ä. verwendet werden.
- Intuitive Bedienung wie bei einem Smartphone oder Tablet.
  - Viel zu unübersichtlich durch zu viele Icons. Lenkt vom Blick auf die Straße ab. Meine jetzigen Drehregler und Schalter finde ich blind auf der Konsole und brauche nur einen kurzen Blick auf das deutlich weiter oben positionierte Display werfen.
  - Könnte ich mir vorstellen, wenn alle Informationen übersichtlich angeordnet oder auch vom Fahrer selber angeordnet werden können. Auch sollten die Touch-Knöpfe für große Finger geeignet sein. Auch sollte das einfallende Sonnenlicht nicht zu einer Spiegelung oder sogar Blendung des Fahreses führen. Wichtige Informationen sollten trotzdem direkt im Sichtbereich des Fahrers angezeigt werden, damit man nicht nach rechts schauen muss, um nach der Geschwindigkeit zu schauen.
  - Lenkt alles viel zu sehr vom FAHREN ab! Dinge die die Welt nicht braucht...
  - Kein haptisches Feedback, daher wird Blick auf den Touchscreen benötigt (Sicherheit, Komfort). (Tasten nicht ertastbar)

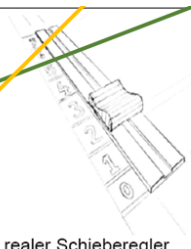
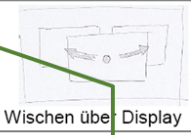
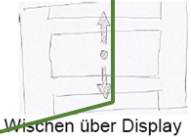
Bild 7.16: Umfrageergebnisse Seite 6 (vgl. Bild 7.6) (Fortsetzung)

### 7.5 Morphologischer Kasten

Teilfunktionen	Teillösung 1	Teillösung 2	Teillösung 3	Teillösung 4	Teillösung 5
<b>Navigation</b>					
Karte anzeigen	 virtuelle Schaltflächen	 reale Taster mit Handauflage	 reale Taster auf Touchscreenfläche	Karte immer sichtbar	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
gesamte Route anzeigen	 Schaltflächen und Navigationsinformationen werden zusätzlich eingeblendet und lassen sich ausblenden	 reale Taster mit Handauflage	 virtuelle Tasterleiste an der Seite	Immer gesamte Route anzeigen; Abbiegedetails werden eingeblendet	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
Adresseingabe	virtuelle (QWERTZ) Tastatur	reale Tastatur (T9)	Buchstabenauswahl über Dreh-Drück-Steller (vgl. [DA-16])	Buchstabeneingabe (zeichnen) über Touchpad (vgl. [AUD-16])	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
<b>Klima/Komfort</b>					
Temperatur Einstellung	 realer Schieberegler	Virtueller Schieberegler	Realer Drehregler	Virtueller Drehregler	 hybrider Drehregler
Einstellung der Gebläsestärke	 realer Schieberegler	Virtueller Schieberegler	Realer Drehregler	Virtueller Drehregler	 hybrider Drehregler
Klimaanlage	Realer Schalter	Realer Taster	Virtuelle Schaltfläche	 hybride Schaltfläche	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird

Tabelle 7.8: Morphologischer Kasten hybrides Interface; eigene Darst.



Sitzheizung	Realer Taster	Virtuelle Schaltfläche	 realer Schieberegler	Virtueller Schieberegler	Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
Scheiben enteisen	Realer Taster	Virtuelle Schaltfläche	Hybride Schaltfläche		Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
<b>Audiowiedergabe</b>					
voriges/nächstes Lied	Realer Taster	Virtuelle Schaltfläche	 Wischen über Display		Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
Wechsel zwischen Medien	Reale Schnellzugriffe	Virtuelle Schaltfläche	 Wischen über Display		Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
<b>Telefonie</b>					
Kontakt anrufen	Kontaktkarten auswählbar (Übersicht mit Bild und Nummer)	Kontakt nach Namen aus Liste auswählen	Namen eingeben (virtuelle oder reale Tastatur)		Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
Anruf annehmen	Realer Taster	Virtuelle Schaltfläche	Druck auf Display (egal wo)		
<b>Sicherheit</b>					
Warnblinklicht	Realer Hebelschalter	Realer Taster in Dreiecksform	Virtueller, immer eingeblender Taster in Dreiecksform		Sprachbedienung, die durch einen zentralen Taster aktiviert wird
<b>Andere</b>					
Uhrzeit anzeigen	Analoge Darstellung (rund mit Zeigern)	Digitale Darstellung (Zahlen und Ziffern)			

—●— Variante 1 (gewählt)     
 —●— Variante 2     
 —●— Variante 3

**Tabelle 7.9:** Morphologischer Kasten hybrides Interface; eigene Darst. (Forts.)

## 7.6 Studie: Bilder



**Bild 7.17:** Anordnung der Monitore und des Lenkrades; eigene Darst.



**Bild 7.18:** Klappvorrichtung für reale Interfacelemente; eigene Darst.





**Bild 7.19:** Einfahren des LCT; eigene Darstellung



**Bild 7.20:** Spurwechsel mit aktivem hybriden Interface; eigene Darstellung



**Bild 7.21:** Bedienung des hybriden Interface während der Fahrt; eigene Darst.



**Bild 7.22:** Spurwechsel mit aktivem virtuellen Interface; eigene Darst.





**Bild 7.23:** Bedienung des virtuellen Interface während der Fahrt; eigene Darst.

## 7.7 Studie: Bedienszenario

Szenario 1: Navigation	Szenario 2: Medien	Szenario 3: Klimaanlage
0 Starten Sie das Interface (Betätigung des Ein-/Aus-Schalters) [Radio→AN] [Füße → AN]	(7) Wählen Sie als Wiedergabemedium MP3 aus (Schnellzugriff-Taste oder vertikales Wischen) [Radio → Aus] [MP3 → An]	(17) Stellen Sie die Belüftung so ein, dass nur der Oberkörper angeblasen wird (Ertasten aktiver Bereiche; Schaltflächen antippen) [Füße → Aus] [Oberkörper → An]
1 Nutzen Sie Gesten (Wischen und Pinch-to-Zoom) um auf der Karte den Stuttgarter Hbf ins Sichtfeld zu bewegen	8 Spielen Sie das vorherige Lied ab (horizontale Wischgeste oder Tippen auf die Außenränder des Asset-Flows)	18 Stellen Sie eine angenehme Temperatur ein [ca. Mitte] (bogenförmige Wischbewegung)
2 Zentrieren Sie die Karte auf Ihren Standort (Betätigung der Zentrieren-Taste)	9 Pausieren Sie das Lied (Tippen auf die aktive Lied-Karte)	19 Stellen Sie eine angenehme Belüftungsstärke ein [ca. 2] (bogenförmige Wischbewegung)
3 Wählen Sie als Navigationsziel [Ziel 1/2/3 vorgeben] aus den Favoriten aus (Betätigung der Favoriten-Taste und Antippen eines Ziels)	10 Wählen Sie als Wiedergabemedium Radio aus (Schnellzugriff-Taste oder vertikales Wischen) [MP3 → Aus] [Radio → An]	20 Aktivieren Sie die Enteisungs-/Anti-Beschlag-Funktion (Tippen auf Ventilator-Symbol) [Kopf → An]
4 Aktivieren Sie das Warnblinklicht (Betätigung der zentralen Warnblinklicht-Taste)	11 Stellen Sie Sender 2 ein (horizontales Wischen oben oder horizontales Wischen unten)	21 Deaktivieren Sie die Enteisungs-/Anti-Beschlag-Funktion (Tippen auf Ventilator-Symbol)
5 Brechen Sie die Navigation ab	12 Stellen Sie Sender 4 ein (horizontales Wischen)	22 Aktivieren Sie die Umluft-Funktion (Tippen auf Umluft-Taste)
6 Deaktivieren Sie das Warnblinklicht (Betätigung der zentralen Warnblinklicht-Taste)	13 Lehnen Sie den eingehenden Anruf ab (Tippen auf die rote Schaltfläche) [Radio → Aus]	23 Stellen Sie die Belüftung so ein, dass nur die Füße angeblasen werden (s.o.) [Kopf → Aus] [Oberkörper → Aus] [Füße → An]
7	14 Wählen Sie die Telefon-Nutzeroberfläche aus (Betätigung einer Schnellzugriff-Taste oder vertikales Wischen)	24 Stellen Sie die Temperatur auf max. (bogenförmige Wischbewegung)
	15 Rufen Sie Arnold an (horizontales Wischen und Tippen auf das angezeigte Bild)	25 Beenden Sie das Interface (Betätigung des Ein-/Aus-Schalters) [alles → Aus]
	16 Legen Sie wieder auf (Tippen auf rote Schaltfläche)	26
	17	

**Tabelle 7.10:**Bedienszenarien Studie; eigene Darstellung

Zuordnung	Farbe
Ziel auf Karte	hellgrün
Navi-Bedienung	lila
Wiedergabemedium (WM) auswählen	hellblau
Bedienung MP3-Player/Radio	orange
Bedienung Telefon	braun
Belüftungsort einstellen	gelb
Rundinstrument bedienen	gelb
Bedienung Taster/Knöpfe	blau

**Tabelle 7.11:** Bedienszenarien Studie; eigene Darstellung (Fortsetzung)

## 7.8 Studie: Probandenbefragung (Umfrage auf UmfrageOnline.com)

### Seite 1

Vielen Dank, dass Du an meiner Studie teilnimmst.

Sämtliche erhobenen Daten werden anonymisiert gespeichert.

Teile dieser Daten sowie deren Auswertung werden in meiner Bachelorarbeit Verwendung finden und in gleichem Maße auch veröffentlicht werden.

Solltest Du mit diesem Umstand nicht einverstanden sein, ist es Dir jederzeit möglich den Versuch zu unterbrechen und eine Löschung deiner Daten zu erwirken.

Ohne Deine ausdrückliche Zustimmung wird kein Foto oder Videomaterial gespeichert werden.

**Stimmst Du der Verwendung der im Versuch erhobenen Daten im Rahmen der Bachelorarbeit zu? \***

Sollte Deine Antwort "Nein" sein, werden sämtliche Versuchsdaten wieder gelöscht.

ja

nein

**Stimmst Du der Verwendung während des Versuchs erstellter Bild-, Ton- und Videoaufnahmen im Rahmen der Bachelorarbeit zu? \***

Sollte Deine Antwort "Nein" sein, werden sämtliche Bild-, Ton- und Videoaufnahmen wieder gelöscht.

ja

nein

### Bild 7.24: Probandenbefragung Seite 1

### Seite 2

Zunächst einige Fragen zu Deiner Person.

**Welches Geschlecht hast Du?**

Bitte wählen... ▼

**Wie alt bist Du?**

Bitte wählen... ▼

### Bild 7.25: Probandenbefragung Seite 2

## Seite 3

Bitte kreuze im Folgenden an, welche Interface-Art Deiner Meinung nach besser zur Umsetzung einer Funktion geeignet ist:

Ein virtuelles Interface ist für diese Funktion am besten geeignet (reiner Touchscreen);

Ein hybrides Interface ist für diese Funktion am besten geeignet (Touchscreen mit realen Elementen);

Beide Interface-Arten sind für diese Funktion gleich gut geeignet;

Keine der beiden Interface-Arten sind für diese Funktion gut geeignet. \*

	virtuelles Interface	hybrides Interface	beide gleich	keines von beiden
Ort auf Karte suchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte zentrieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnblinklicht betätigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navigation abrechen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiedergabemedium wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lied wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf ablehnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf starten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungszone wählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungsstärke einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enteisungsfunktion nutzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umluftfunktion aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 7.26:** Probandenbefragung Seite 3

## Seite 4

Bitte kreuze im Folgenden an, mit welchem Interface Du Deiner Meinung nach die angegebenen Funktionen schneller durchführen konntest:

Mit dem virtuellen Interface ging es merklich schneller (reiner Touchscreen);

Mit dem hybriden Interface ging es merklich schneller (Touchscreen mit realen Elementen);

Beide Interface-Arten waren etwa gleich schnell \*

	virtuelles Interface	hybrides Interface	beide gleich	nicht beurteilbar
Ort auf Karte suchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte zentrieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnblinklicht betätigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navigation abbrechen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiedergabemedium wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lied wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf ablehnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf starten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungszone wählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungsstärke einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enteisungsfunktion nutzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umluftfunktion aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 7.27:** Probandenbefragung Seite 4



Seite 5

Bitte kreuze im Folgenden an, wie oft Du die jeweilige Funktion selber nutzt.

- (1) Sehr selten. Eigentlich nur während des Fahrzeugstillstandes (z. B. Benutzung des Automatikwählhebels);
- (2) Manchmal. Ab und zu während der Fahrt (z. B. Hupe, Nebelscheinwerfer oder Warnblinklicht);
- (3) Mittel oft. Während etwa jeder zweiten Fahrt (z. B. Abblendlicht wenn nicht ausschließlich tagsüber gefahren wird);
- (4) Oft. Während nahezu jeder Fahrt (z. B. Musiklautstärke ändern);
- (5) Sehr häufig. Während jeder Fahrt mehrmals (z. B. Einsatz des Blinkers) \*

oder nicht beurteilbar, da die Funktion beispielsweise nicht vorhanden ist

	1	2	3	4	5	nicht beurteilbar
Ort auf Karte suchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Karte zentrieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ziel auswählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warnblinklicht betätigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Navigation abrechnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiedergabemedium wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wiedergabemedium wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lied wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiosender wechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf ablehnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Telefonanruf starten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungszone wählen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatur einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Belüftungsstärke einstellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enteisungsfunktion nutzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umluftfunktion aktivieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bild 7.28: Probandenbefragung Seite 5

**Seite 6**

Zuletzt kannst Du hier beliebige Anmerkungen festhalten.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for participants to write any final remarks or comments.

**Bild 7.29:** Probandenbefragung Seite 6

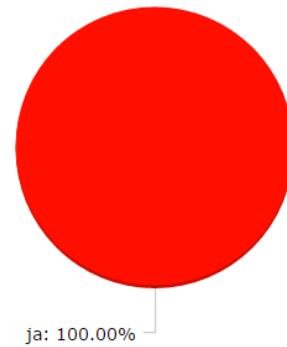
## 7.9 Studie: Ergebnisse Probandenbefragung (UmfrageOnline.com)

1. **Stimmst Du der Verwendung der im Versuch erhobenen Daten im Rahmen der Bachelorarbeit zu? \***

Anzahl Teilnehmer: 17

17 (100.0%): ja

- (0.0%): nein

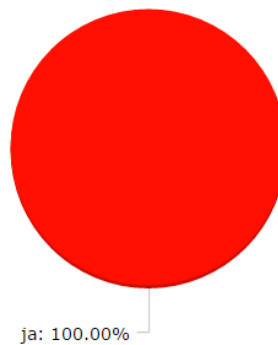


2. **Stimmst Du der Verwendung während des Versuchs erstellter Bild-, Ton- und Videoaufnahmen im Rahmen der Bachelorarbeit zu? \***

Anzahl Teilnehmer: 17

17 (100.0%): ja

- (0.0%): nein

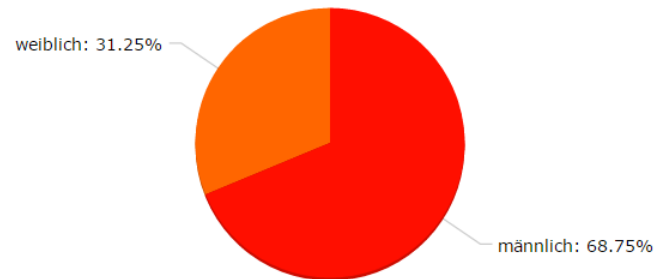


**Bild 7.30:** Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 1 (vgl. Bild 7.24)

**3. Welches Geschlecht hast Du?****Anzahl Teilnehmer: 16**

11 (68.8%): männlich

5 (31.3%): weiblich

**4. Wie alt bist Du?****Anzahl Teilnehmer: 16**

- (0.0%): 0-15

- (0.0%): 15-17

- (0.0%): 17-18

3 (18.8%): 18-21

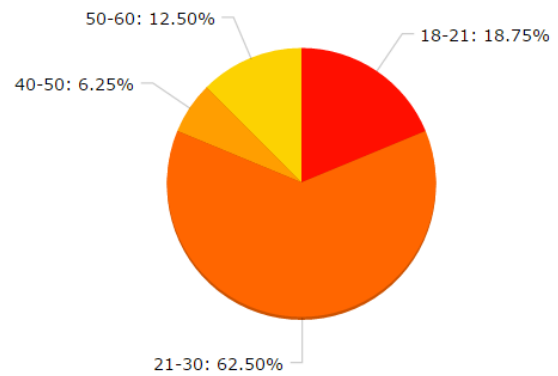
10 (62.5%): 21-30

- (0.0%): 30-40

1 (6.3%): 40-50

2 (12.5%): 50-60

- (0.0%): 60-70

**Bild 7.31:** Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 2 (vgl. Bild 7.25)

5. Bitte kreuze im Folgenden an, welche Interface-Art Deiner Meinung nach besser zur Umsetzung einer Funktion geeignet ist:

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Ein virtuelles Interface ist für diese Funktion am besten geeignet (reiner Touchscreen);  
 Ein hybrides Interface ist für diese Funktion am besten geeignet (Touchscreen mit realen Elementen);  
 Beide Interface-Arten sind für diese Funktion gleich gut geeignet;  
 Keine der beiden Interface-Arten sind für diese Funktion gut geeignet. \*

Anzahl Teilnehmer: 17

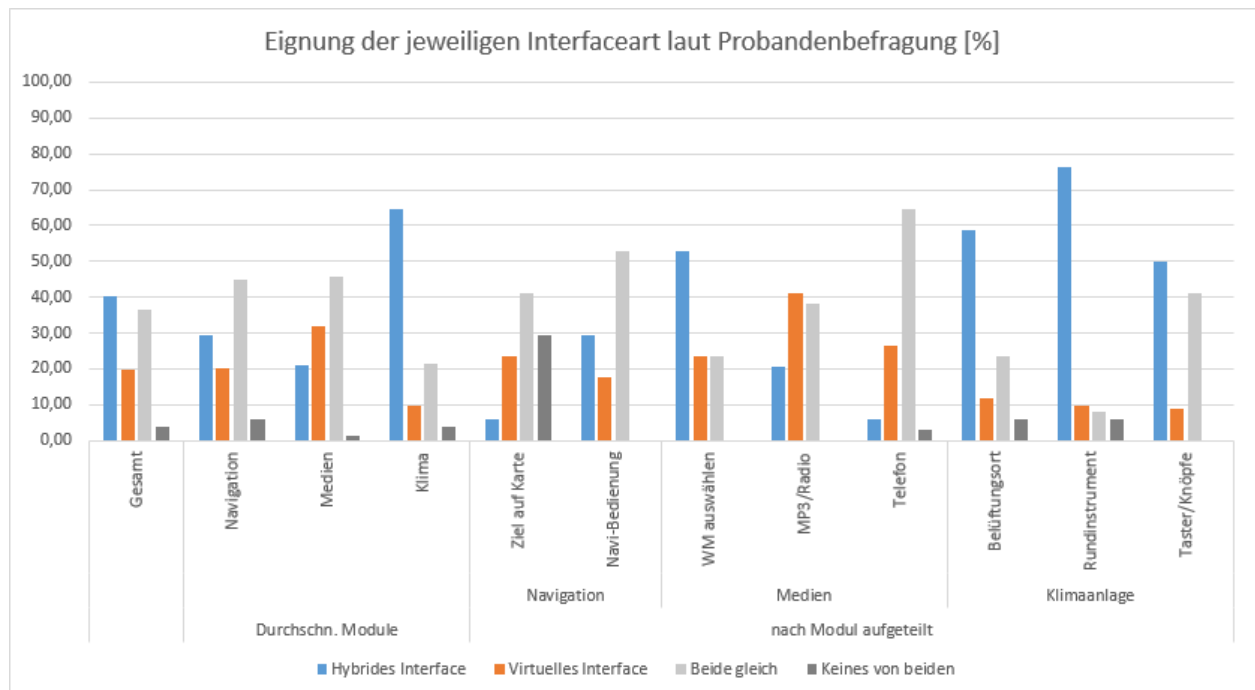
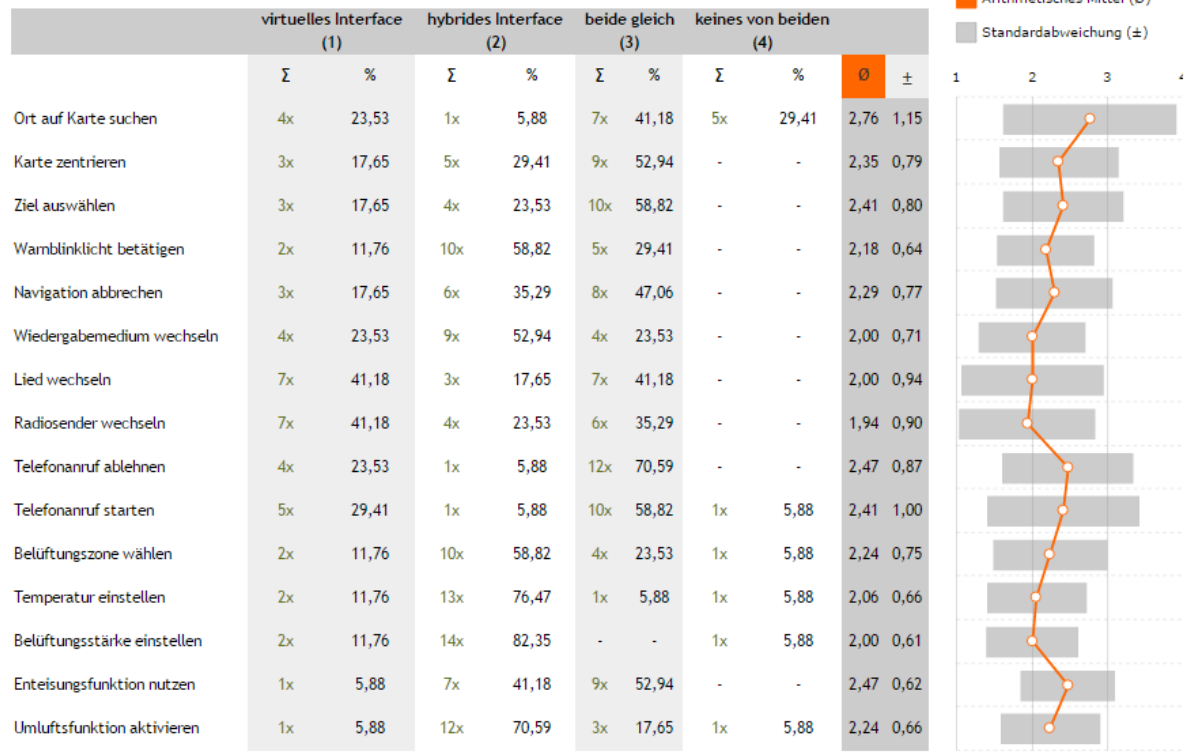


Bild 7.32: Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 3 (vgl. Bild 7.26)

6. Bitte kreuze im Folgenden an, mit welchem Interface Du Deiner Meinung nach die angegebenen Funktionen schneller durchführen konntest:

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

Mit dem virtuellen Interface ging es merklich schneller (reiner Touchscreen);  
 Mit dem hybriden Interface ging es merklich schneller (Touchscreen mit realen Elementen);  
 Beide Interface-Arten waren etwa gleich schnell \*

Anzahl Teilnehmer: 17

	virtuelles Interface (1)		hybrides Interface (2)		beide gleich (3)		nicht beurteilbar (0)		Arithmetisches Mittel (Ø)		Standardabweichung (±)	
	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	Ø	±	1	2	3
Ort auf Karte suchen	3x	17,65	-	-	12x	70,59	2x	2,60	0,83			
Karte zentrieren	4x	23,53	5x	29,41	7x	41,18	1x	2,19	0,83			
Ziel auswählen	2x	11,76	3x	17,65	11x	64,71	1x	2,56	0,73			
Warnblinklicht betätigen	2x	11,76	11x	64,71	4x	23,53	-	2,12	0,60			
Navigation abbrechen	3x	17,65	5x	29,41	9x	52,94	-	2,35	0,79			
Wiedergabemedium wechseln	5x	29,41	6x	35,29	6x	35,29	-	2,06	0,83			
Lied wechseln	7x	41,18	1x	5,88	9x	52,94	-	2,12	0,99			
Radiosender wechseln	7x	41,18	2x	11,76	8x	47,06	-	2,06	0,97			
Telefonanruf ablehnen	4x	23,53	-	-	13x	76,47	-	2,53	0,87			
Telefonanruf starten	4x	23,53	-	-	13x	76,47	-	2,53	0,87			
Belüftungszone wählen	4x	23,53	7x	41,18	5x	29,41	1x	2,06	0,77			
Temperatur einstellen	2x	11,76	13x	76,47	2x	11,76	-	2,00	0,50			
Belüftungsstärke einstellen	3x	17,65	12x	70,59	2x	11,76	-	1,94	0,56			
Enteisungsfunktion nutzen	4x	23,53	5x	29,41	8x	47,06	-	2,24	0,83			
Umluftfunktion aktivieren	3x	17,65	9x	52,94	4x	23,53	1x	2,06	0,68			

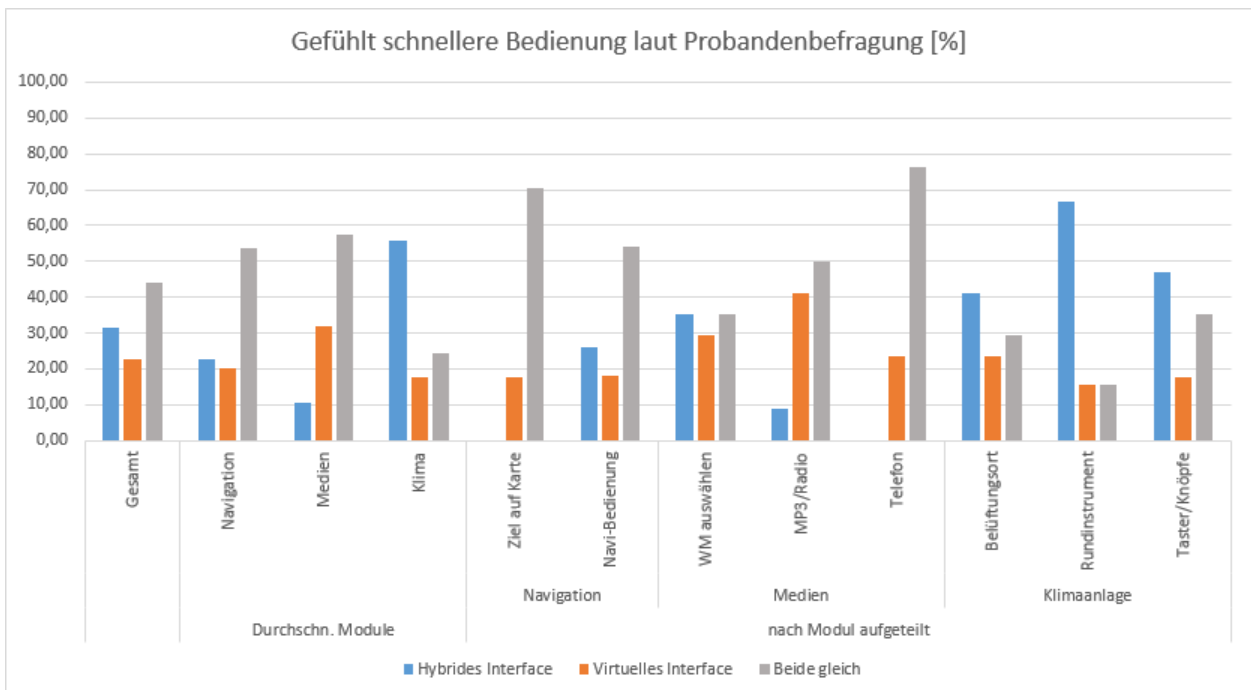


Bild 7.33: Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 4 (vgl. Bild 7.27)

7. Bitte kreuze im Folgenden an, wie oft Du die jeweilige Funktion selber nutzt.

[.png](#) [.pdf](#) [.xls](#) [.csv](#)

- (1) Sehr selten. Eigentlich nur während des Fahrzeugstillstandes (z. B. Benutzung des Automatikwählhebels);
- (2) Manchmal. Ab und zu während der Fahrt (z. B. Hupe, Nebelscheinwerfer oder Warnblinklicht);
- (3) Mittel oft. Während etwa jeder zweiten Fahrt (z. B. Abblendlicht wenn nicht ausschließlich tagsüber gefahren wird);
- (4) Oft. Während nahezu jeder Fahrt (z. B. Musiklautstärke ändern);
- (5) Sehr häufig. Während jeder Fahrt mehrmals (z. B. Einsatz des Blinkers) \*

Anzahl Teilnehmer: 17

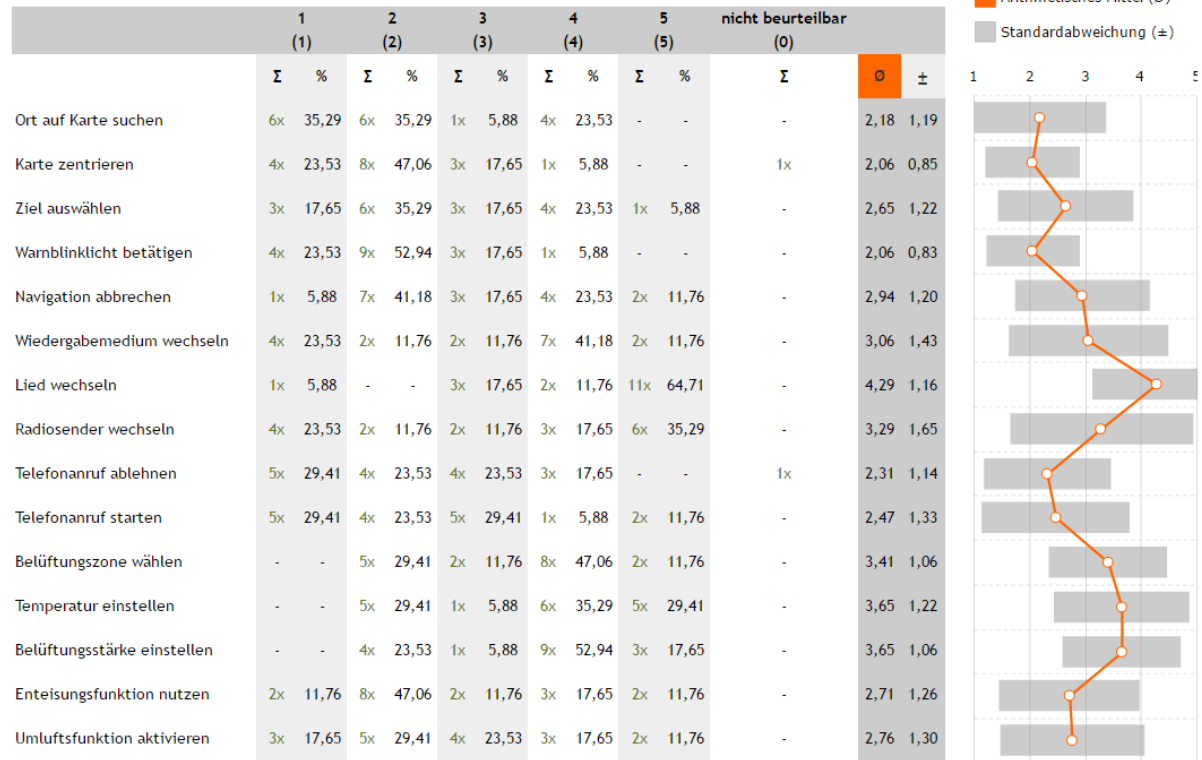


Bild 7.34: Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 5 (vgl. Bild 7.28)

## 8. Zuletzt kannst Du hier beliebige Anmerkungen festhalten.



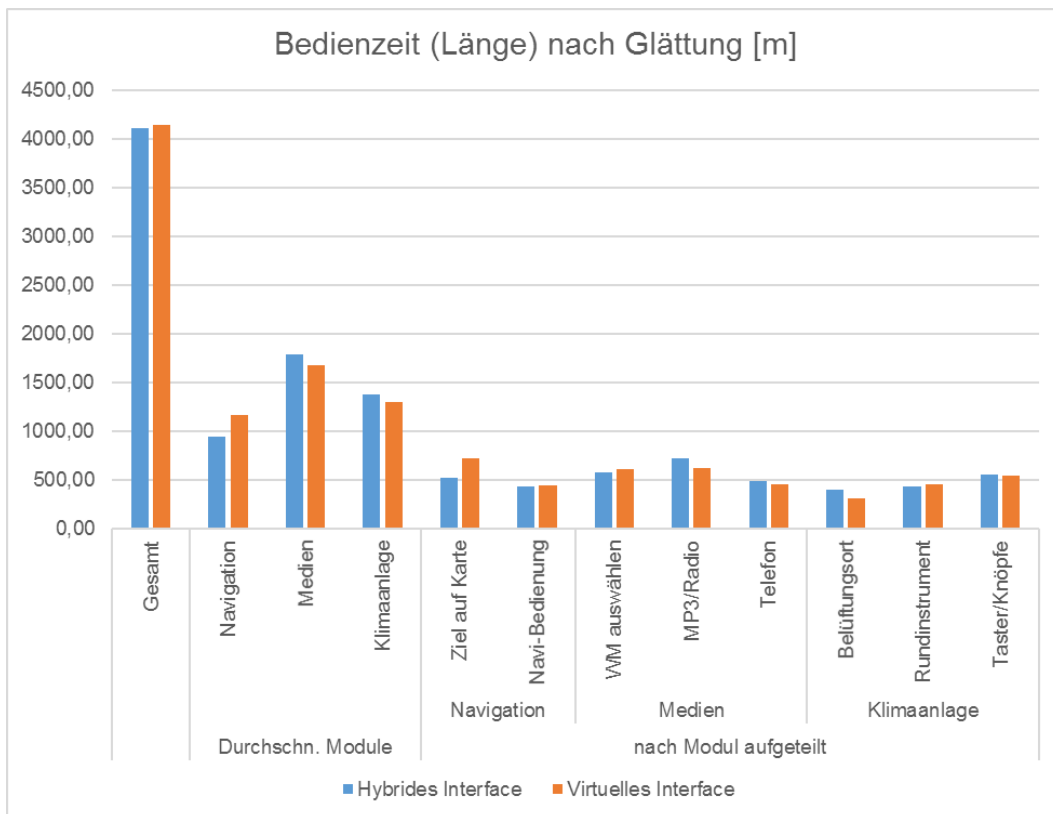
## Anzahl Teilnehmer: 8

- Telefon Auswahl war schwierig, swipe Funktion hat mir gefehlt.  
Lüftungsstärke und Temperatur, war mit Knopf (hybrid) besser, um die Kreisform nachzufahren.
- Auf der Karte Zoomen war sehr schwer und starke Ablenkung bei beiden Versuchsreihen.
- Der Versuchsaufbau konnte die vorgesehene Unterstützung (z.B. durch die Handauflagen) nicht vollständig abbilden, vermittelte aber einen guten Eindruck, wie ein hybrides Interface dem Fahrer mehr Sicherheit bei der Bedienung vermitteln kann.  
Insgesamt sehr interessant.
- Leisten des hybriden Interfaces sind sehr nützlich, sowohl zwischen den 3 Zonen als auch als Finger-Schiene, wie beispielsweise beim Gebläse. Die "Aufblas"-Funktion ist eher weniger nützlich. Ein Blick führt schneller zum Ergebnis als das Ertasten (zum Beispiel der Gebläse-Zonen).  
- Reale Knöpfe haben aufgrund der Pappe später reagiert als gewünscht. Lerneffekt war klar vorhanden, wo welcher Knopf liegt (im zweiten Durchgang).
- Hybrides Interface - Vorteile:
  - Knopfleisten (ESP... ; Radio ...) sind sehr praktisch, wodurch auch anliegende Softbuttons einfacher zu finden und damit zu bedienen sind. Dies tritt vor allem dann in Kraft, wenn sich das Auto wirklich bewegt (Fliehkräfte, unebene Straße etc.)
  - Führleisten bei Gebläsestärke und Position sind sehr praktisch.
  - Aufblasbare Leiste bei "Medien" ist sinnvoll, zum Beispiel als Führleiste für Titel/Radiowechsel.
  - Klickgeräusch als Feedback, ob Befehle durchgeführt wurden.
- Hybrides Interface - Nachteile:
  - Gebläseposition als 3D ist unnötig, da ein Blick auf die Farben (Rot/Grün) deutlich schneller geht, als die Zonen zu "erspüren".
- Virtuelles Interface - Vorteile:
  - Bedienung der Karte ist ohne angrenzende Leiste intuitiver, da man es aus der Bedienung mit Smartphones/Tablets gewohnt ist.
  - schnellere Übersicht, da bei einem kurzen Blick das System als Ganzes erfasst wird.
- Virtuelles Interface - Nachteile:
  - Langsamere Detailerfassung, da das System als Ganzes wahrgenommen wird.
  - Besonders Leisten bei Gebläse werden vermisst, da die Kurvenbewegung schwierig durchzuführen ist, wenn nebenbei gefahren werden muss.
  - "Korrekturblick", da das Klickgeräusch als Feedback fehlt
- Pneumatische Elemente sind wenig hilfreich (besonders bei ungünstiger Umsetzung).  
Das hilfreichste hybride Element ist die Temperatur- und Gebläsestärkeeinstellung.  
Handauflagen können in diesem Versuch nicht realitätsnah bewertet werden, da Relativbewegungen des Fahrers und Autos fehlen.
- Die Hand-/Fingerführung ist bei der Belüftung (Temperatur & Gebläse) am Besten und eindeutig. Noch besser, wenn man eine Rasterung/Riffelung spüren würde.  
Eine ähnliche Führung hätte ich mir bei der Sendersuche o. ä. gewünscht. Die Zielsuche am Navi war schlecht. Da ist vermutlich eine Sprachsteuerung oder ein Headupdisplay besser.
- Das Tippen beim virtuellen Interface hat gefehlt...  
Studie gut durchgeführt und vorbereitet!  
Luftpolster ist etwas nervig, aber die grundlegende Führung durch plastische Elemente ist sehr hilfreich
- Aufgrund des Versuchsaufbaus waren beim hybriden Interface die Bedienelemente schwer zu drücken. Deshalb kann das Ergebnis verfälscht sein.

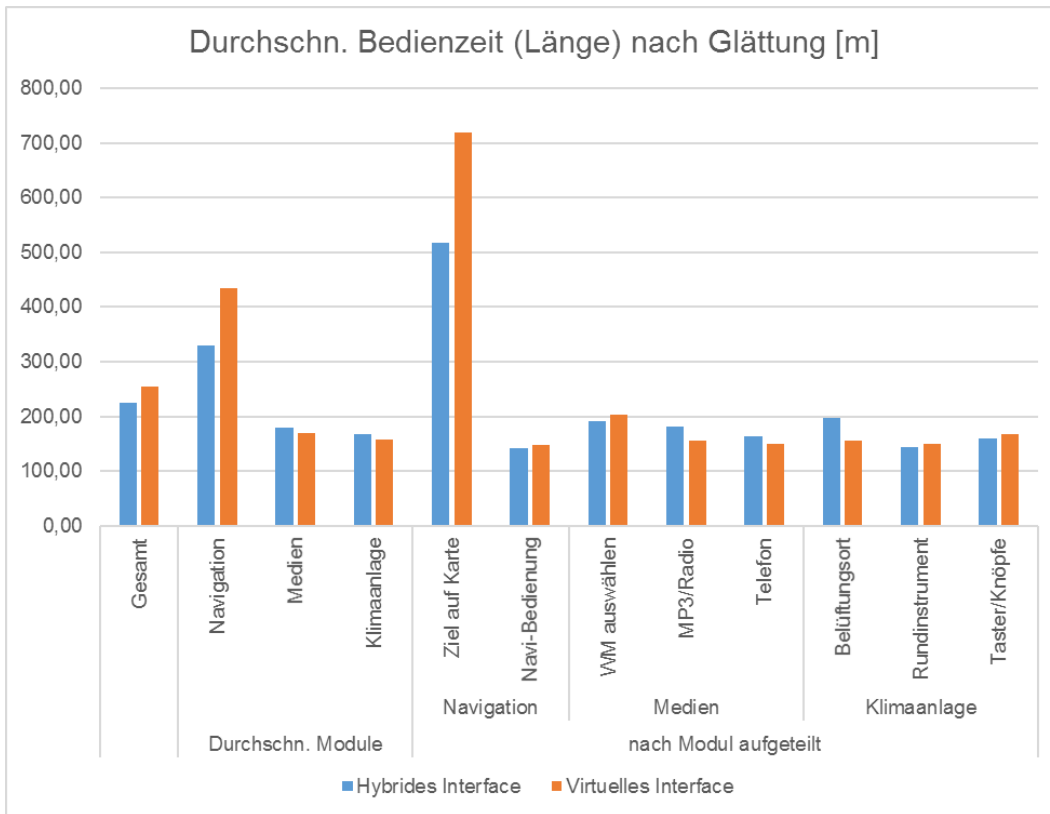
**Bild 7.35:** Ergebnisse Probandenbefragung (n = 8/17) Seite 6 (vgl. Bild 7.29)



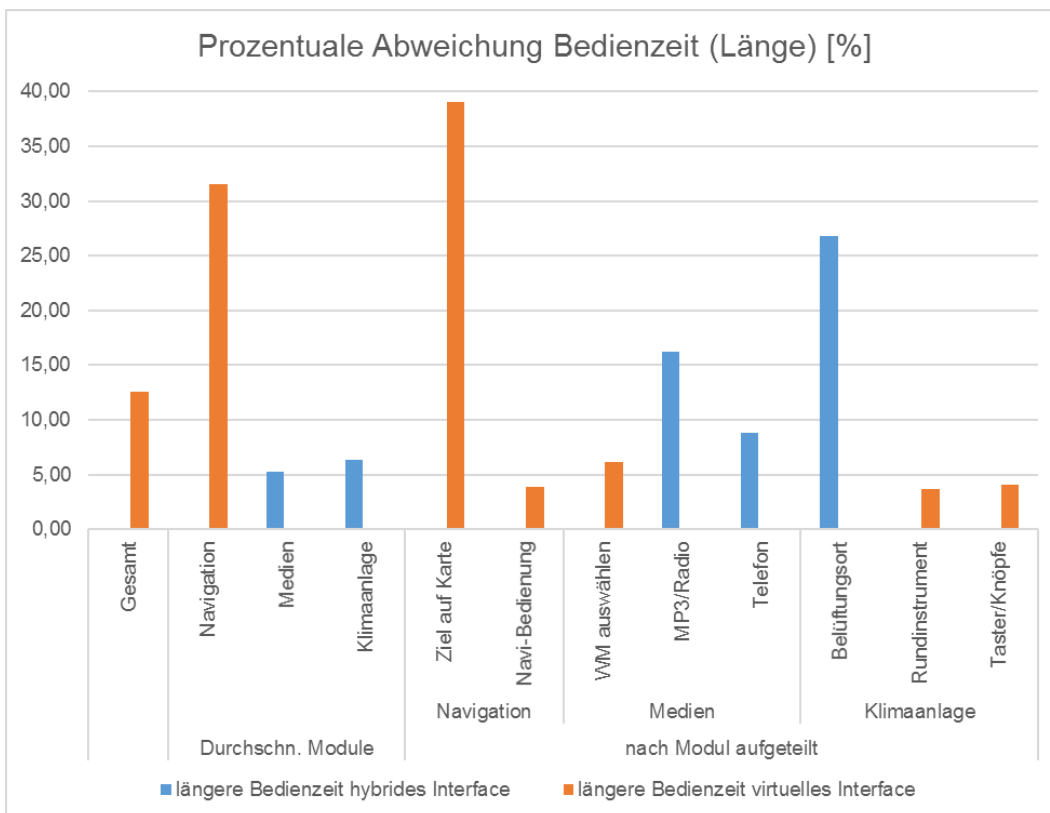
## 7.10 Studie: Ergebnisse LCT-Analyse



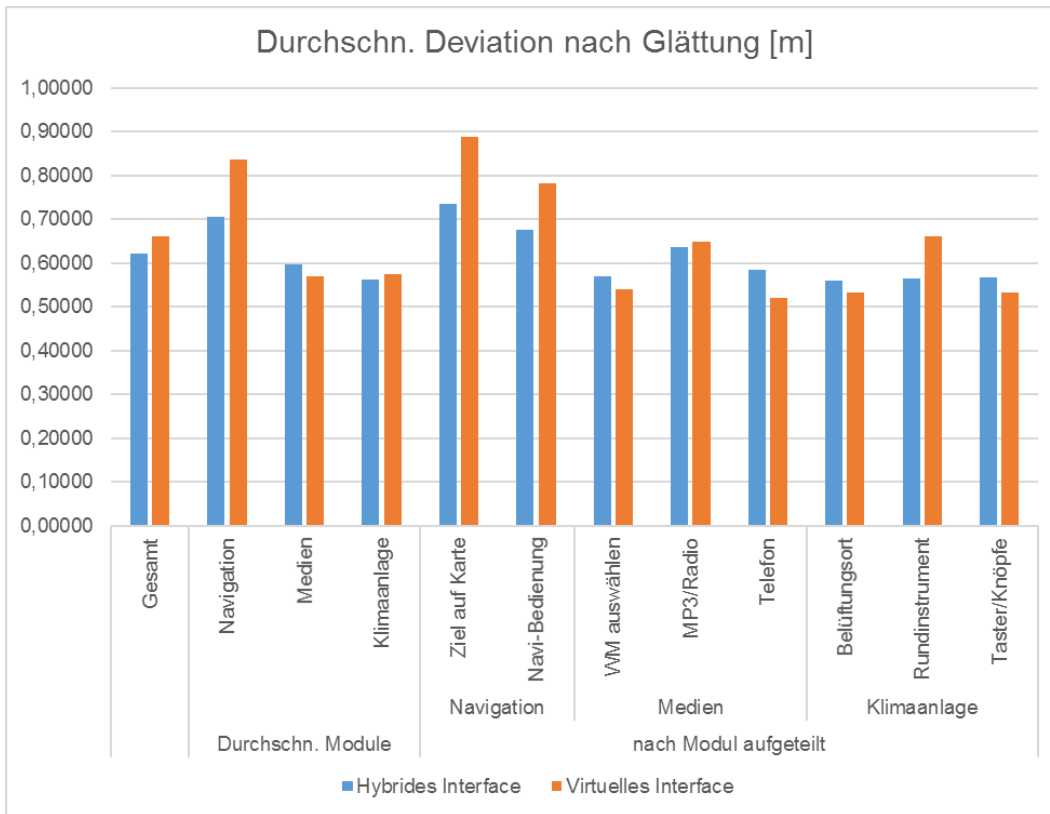
**Bild 7.36:** Bedienzeit nach Glättung (Strecke summiert in Metern); eigene Darst.



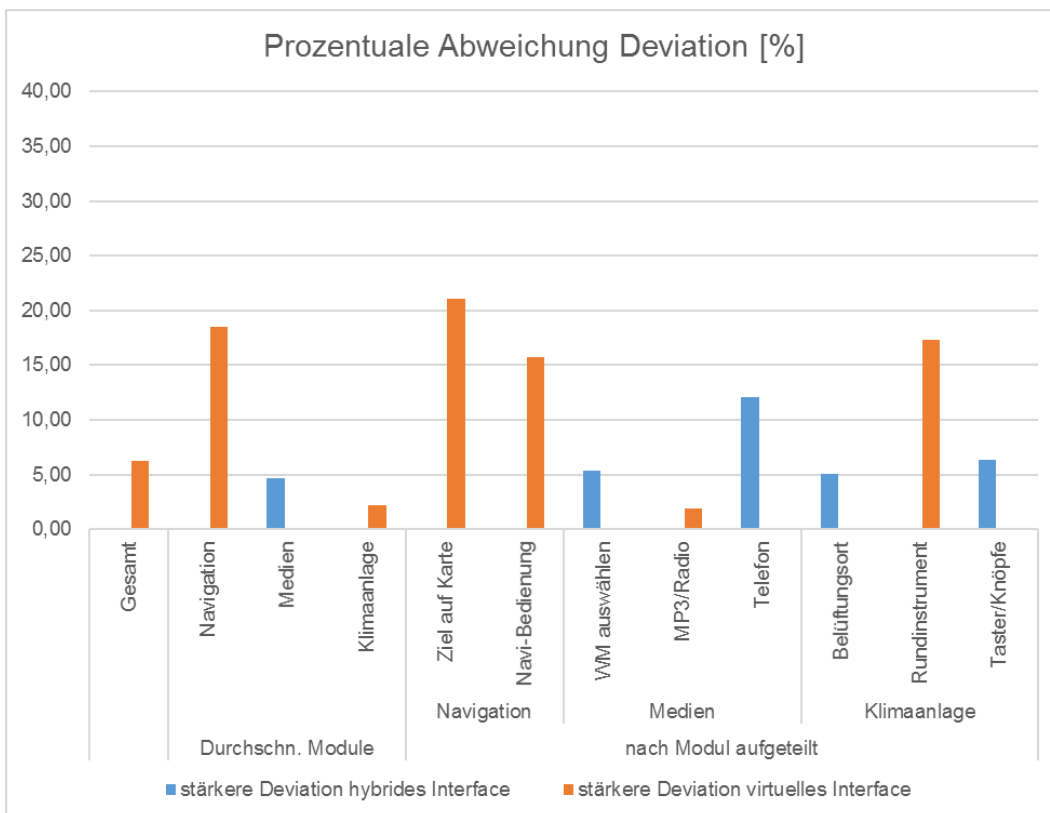
**Bild 7.37:** Durchschn. Bedienzeit nach Glättung (Strecke in Metern); eigene Darst.



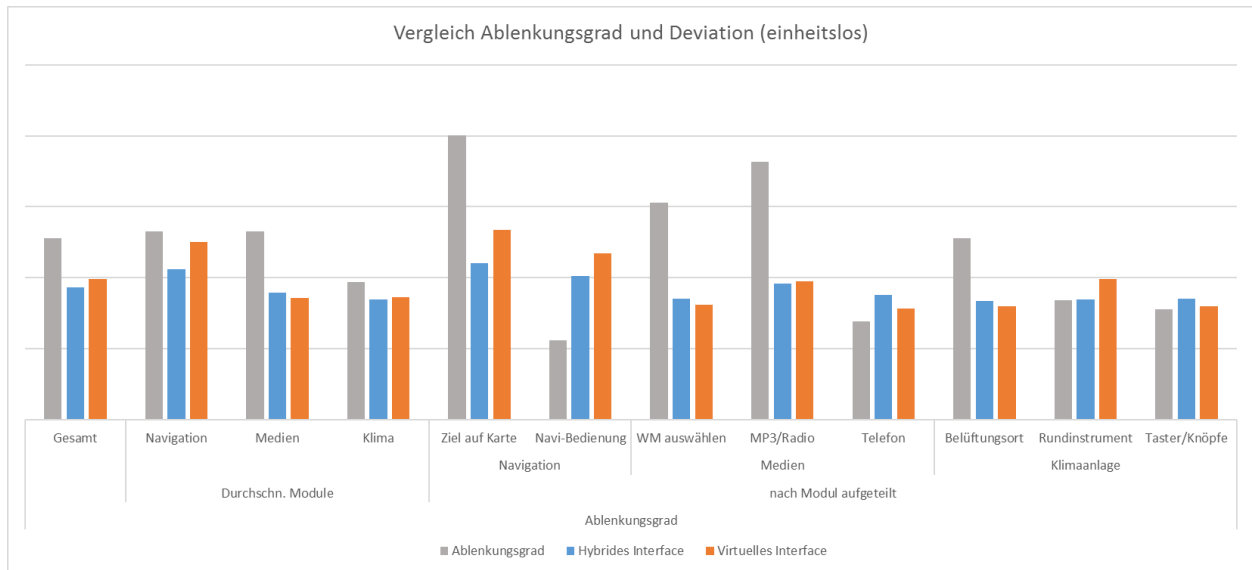
**Bild 7.38:** Prozentuale Abweichung Bedienzeit (in Prozent); eigene Darst.



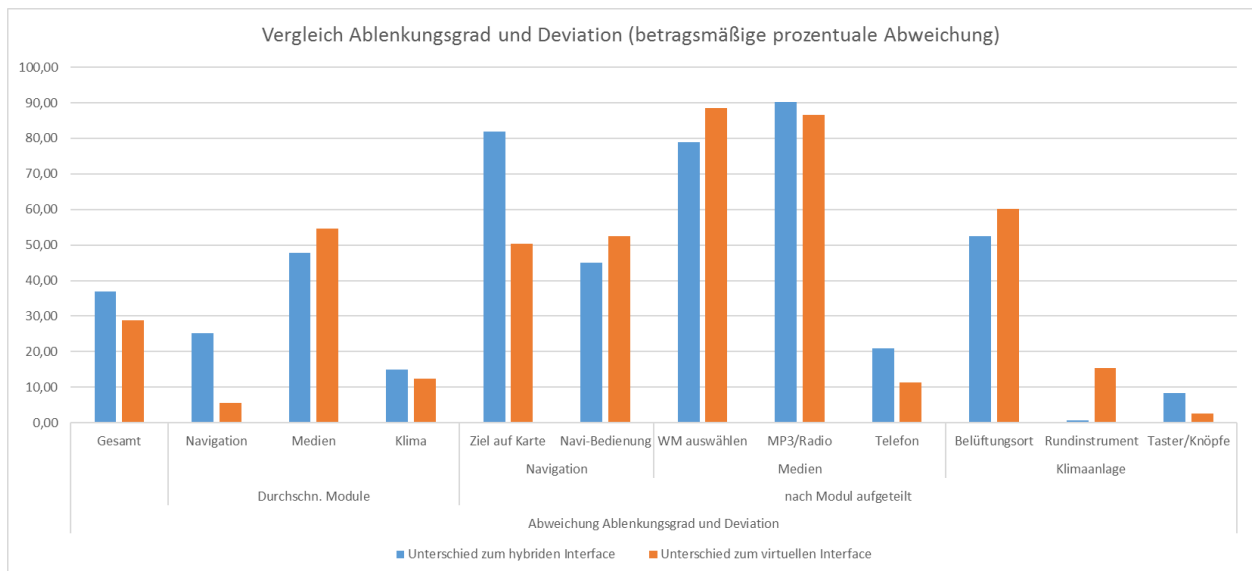
**Bild 7.39:** Durchschn. Deviation nach Glättung (Abw. in Metern); eigene Darst.



**Bild 7.40:** Prozentuale Abweichung Deviation (in Prozent); eigene Darst.



**Bild 7.41:** Vergleich Ablenkungsgrad und Deviation (einheitslos); eigene Darst.



**Bild 7.42:** Abweichung Ablenkungsgrad und Deviation (in Prozent); eigene Darst.

## 8 Bildverzeichnis

Bild 1.1:	Struktur der Arbeit, eigene Darstellung	18
Bild 2.1:	Basisschema Mensch-Maschine-Interaktion [SCH-15a, S. 9]	20
Bild 2.2:	Reales (1), virtuelles (2) und hybrides (3) Interfaceelement; eigene Darst.	21
Bild 2.3:	6 Phasen des Goal-Directed Designs; nach [COO-10, S. 49-54]	24
Bild 2.4:	Ablenkungskategorien; eigene Darst. i. A. a. [RAN-01], [REG-11]	28
Bild 2.5:	Methodische Produktentwicklung nach [VDI-2221, S. 9]	30
Bild 2.6:	Beispiel anhand eines Mercedes-Benz CLA (2016); ergänzte Abbildung aus [DAI-16] in Anlehnung an [LÜT-14, S. 30]	34
Bild 2.7:	Auflagefläche im BMW 7er [BMW-16]	35
Bild 2.8:	Infotainment-Systeme [VID-16], [MOT-09], [ADA-16], [GUL-16a]	36
Bild 2.9:	Funktionsweise Tactus (links: Normalzustand, rechts: Fluid wird eingepresst) [TES-13]	38
Bild 2.10:	Von links nach rechts: Gitterraster mit lokal verfestigtem Gel, Flächiger Knopf und dünne Linie [ENG-15]	39
Bild 2.11:	Force Touch Technologie in Apples MacBook (2015) [THE-15]	40
Bild 2.12:	Simulation von Oberflächentextur durch Vibration; eigene Darstellung in Anlehnung an [STU-14]	41
Bild 2.13:	Funktionsweise TeslaTouch [DIS-16]	42
Bild 2.14:	Funktionsweise HaptoMime [GIZ-14]	43
Bild 2.15:	MIB II in einer Audi Innenraumstudie [GIZ-16]	44
Bild 2.16:	Bosch Demo Car auf der CES 2016 [GUL-16a, S. 9]	45
Bild 2.17:	Von links nach rechts: LCT-Schilder für den Fahrspurwechsel auf die linke, mittlere und rechte Spur; eigene Darst. in Anlehnung an [MAT-03, S. 8]	46
Bild 2.18:	Gefahrenere Kurve neben voreingestellter Referenzkurve; Screenshot LCTA	48
Bild 2.19:	Anpassung der Referenzkurve an Baseline-Fahrt; Screenshot LCTA	48
Bild 2.20:	Gefahrenere Kurve neben angepasster Referenzkurve; Screenshot LCTA	49
Bild 3.1:	Wertebereiche im Fahrzeugcockpit; eigene Darst. i. A. an [MAI-16d, S.13]	58
Bild 3.2:	Fragebogen Online-Umfrage (Ausschnitt); [ENU-16]	62
Bild 3.3:	Antworten Fragebogen (Ausschnitt); [ENU-16]	63
Bild 3.4:	Ergebnis Umfrage Touchscreen Hochformat; [ENU-16]	65
Bild 3.5:	Ergebnis Umfrage Touchscreen Querformat; [ENU-16]	65
Bild 3.6:	Bereichszuordnung Lagefaktor $X_i$ ; eigene Darstellung (vgl. Kapitel 3.1.3)	67
Bild 3.7:	Hybrides Interfaceelement (1); eigene Darstellung	69
Bild 3.8:	Funktionsweise einer elektrophoretischen Anzeige [WIK-07]	70
Bild 3.9:	Hybrides Interfaceelement (2); eigene Darstellung	70
Bild 3.10:	Hybrides Interfaceelement (3); eigene Darstellung	71
Bild 3.11:	Hybrides Interfaceelement (4); eigene Darstellung	72
Bild 3.12:	Hybrides Interfaceelement (5); eigene Darstellung	73

Bild 3.13:	Ablenkungsgrad von Sekundäraufgaben im Vergleich; [STR-15]	75
Bild 3.14:	Konzept Interface Audio-Player; eigene Darst.	80
Bild 3.15:	Aufbau hybrides Interface; eigene Darstellung	80
Bild 3.16:	iTunes Cover-Flow; [MAC-07]	82
Bild 3.17:	Position aufblasbare Leisten (graue Leiste); eigene Darstellung	83
Bild 3.18:	Knopfleiste; eigene Darstellung	83
Bild 3.19:	Navigationsmodul im Kartenmodus; eigene Darstellung	84
Bild 3.20:	Navigationsmodul im Navigationsmodus; eigene Darstellung	85
Bild 3.21:	Klimamodul (Umluft aktiv); eigene Darstellung	86
Bild 3.22:	Gesamtlayout hybrides Interface; eigene Darstellung	87
Bild 3.23:	Obere Knopfleiste und Handauflagen aus Pappe; eigene Darstellung	88
Bild 3.24:	Medien- und Klimamodul mit Pneumatik-Elementen; eigene Darstellung	89
Bild 4.1:	Anordnung des Touchscreens im Versuch; eigene Darst.	90
Bild 4.2:	Übertragung der LCTA-Daten in Excel; eigene Darstellung	92
Bild 4.3:	Ersetzen von Punkten durch Kommata in Excel; eigene Darstellung	93
Bild 4.4:	Korrektur fehlerhafter Daten; eigene Darstellung	93
Bild 4.5:	Resultierende Balkendiagramme (Mittelwert-basiert); eigene Darst.	94
Bild 4.6:	Abweichungen an Kurvonein- und -ausgängen; eigene Darst.	94
Bild 4.7:	Balkendiagramme nach Glättung; eigene Darst.	95
Bild 4.8:	Durchschn. Deviation (alle Versuchspersonen) nach Glättung; eigene Darst.	95
Bild 4.9:	Vergleich Ablenkungsgrad und Deviation (einheitslos); eigene Darst.	97
Bild 4.10:	Abweichung Deviation (in Prozent); eigene Darstellung	98
Bild 4.11:	Durchschnittliche Bedienzeit (Strecke in m); eigene Darst.	99
Bild 4.12:	Abweichung Bedienzeit (in Prozent); eigene Darstellung	100
Bild 7.1:	Umfrage Seite 1	113
Bild 7.2:	Umfrage Seite 2	114
Bild 7.3:	Umfrage Seite 3	115
Bild 7.4:	Umfrage Seite 4	116
Bild 7.5:	Umfrage Seite 5	117
Bild 7.6:	Umfrage Seite 6	118
Bild 7.7:	Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2)	119
Bild 7.8:	Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)	120
Bild 7.9:	Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)	121
Bild 7.10:	Umfrageergebnisse Seite 2 (vgl. Bild 7.2) (Fortsetzung)	122
Bild 7.11:	Umfrageergebnisse Seite 3 (vgl. Bild 7.3)	123
Bild 7.12:	Umfrageergebnisse Seite 3 (vgl. Bild 7.3) (Fortsetzung)	124
Bild 7.13:	Umfrageergebnisse Seite 4 (vgl. Bild 7.4)	125
Bild 7.14:	Umfrageergebnisse Seite 5 (vgl. Bild 7.5)	126

Bild 7.15:	Umfrageergebnisse Seite 6 (vgl. Bild 7.6)	127
Bild 7.16:	Umfrageergebnisse Seite 6 (vgl. Bild 7.6) (Fortsetzung)	128
Bild 7.17:	Anordnung der Monitore und des Lenkrades; eigene Darst.	131
Bild 7.18:	Klappvorrichtung für reale Interfaceelemente; eigene Darst.	131
Bild 7.19:	Einfahren des LCT; eigene Darstellung	132
Bild 7.20:	Spurwechsel mit aktivem hybriden Interface; eigene Darstellung	132
Bild 7.21:	Bedienung des hybriden Interface während der Fahrt; eigene Darst.	133
Bild 7.22:	Spurwechsel mit aktivem virtuellen Interface; eigene Darst.	133
Bild 7.23:	Bedienung des virtuellen Interface während der Fahrt; eigene Darst.	134
Bild 7.24:	Probandenbefragung Seite 1	137
Bild 7.25:	Probandenbefragung Seite 2	137
Bild 7.26:	Probandenbefragung Seite 3	138
Bild 7.27:	Probandenbefragung Seite 4	139
Bild 7.28:	Probandenbefragung Seite 5	140
Bild 7.29:	Probandenbefragung Seite 6	141
Bild 7.30:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 1 (vgl. Bild 7.24)	142
Bild 7.31:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 2 (vgl. Bild 7.25)	143
Bild 7.32:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 3 (vgl. Bild 7.26)	144
Bild 7.33:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 4 (vgl. Bild 7.27)	145
Bild 7.34:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 17) Seite 5 (vgl. Bild 7.28)	146
Bild 7.35:	Ergebnisse Probandenbefragung (n = 8/17) Seite 6 (vgl. Bild 7.29)	147
Bild 7.36:	Bedienzeit nach Glättung (Strecke summiert in Metern); eigene Darst.	148
Bild 7.37:	Durchschn. Bedienzeit nach Glättung (Strecke in Metern); eigene Darst.	149
Bild 7.38:	Prozentuale Abweichung Bedienzeit (in Prozent); eigene Darst.	149
Bild 7.39:	Durchschn. Deviation nach Glättung (Abw. in Metern); eigene Darst.	150
Bild 7.40:	Prozentuale Abweichung Deviation (in Prozent); eigene Darst.	150
Bild 7.41:	Vergleich Ablenkungsgrad und Deviation (einheitslos); eigene Darst.	151
Bild 7.42:	Abweichung Ablenkungsgrad und Deviation (in Prozent); eigene Darst.	151

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Produktgestalt-Matrix nach [MAI-16g, S. 17]	19
Tabelle 2.2: Kombinationen von Interfaceelementen zu Interfacemodulen (vgl. [SCH-15a, S. 13], [ISR-12, S.41-43] und [DUD-16a])	22
Tabelle 2.3: Usability-Eigenschaften nach [AHN-06, S. 22-27], zitiert nach [TNL-13]	23
Tabelle 2.4: Skalenniveaus; [BÜN-94], [CUN-12, S. 222-224]	50
Tabelle 3.1: Anforderungsliste (Ausschnitt); eigene Darstellung i. A. an [PAH-07, S. 213-230]	52
Tabelle 3.2: Bewertungstabelle Anwendungshäufigkeit; eigene Darstellung	55
Tabelle 3.3: Bewertungstabelle Gebrauchsdauer; eigene Darstellung	56
Tabelle 3.4: Bewertungstabelle Lagefaktor Sichtfeld (vgl. Bild 3.1); eigene Darstellung	57
Tabelle 3.5: Bewertungstabelle Lagefaktor Greifbereich (vgl. Bild 3.1); eigene Darst.	57
Tabelle 3.6: Bewertungstabelle Lagefaktor Gesamt (vgl. Bild 3.1); eigene Darstellung	59
Tabelle 3.7: Ermittlung des optimalen Lagefaktors anhand Formel 7.5; eigene Darst.	66
Tabelle 3.8: Zuordnung Funktionsmodul zu Fläche; eigene Darstellung	68
Tabelle 3.9: Bewertung und Ablenkungsgrad Funktionsmodule; eigene Darst.	68
Tabelle 3.10: Morphologischer Kasten (Ausschnitt); eigene Darstellung	74
Tabelle 3.11: Gewählte Lösungsvariante; eigene Darstellung	76
Tabelle 4.1: Berechnung Ablenkungsgrad; eigene Darstellung	96
Tabelle 7.1: Formale Qualitäten; nach [GAL-97, S. 98]	106
Tabelle 7.2: Formale Qualitäten; nach [GAL-97, S. 98] (Fortsetzung)	107
Tabelle 7.3: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)	108
Tabelle 7.4: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)	109
Tabelle 7.5: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)	110
Tabelle 7.6: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)	111
Tabelle 7.7: Anforderungsliste; eigene Darstellung (Fortsetzung)	112
Tabelle 7.8: Morphologischer Kasten hybrides Interface; eigene Darst.	129
Tabelle 7.9: Morphologischer Kasten hybrides Interface; eigene Darst. (Forts.)	130
Tabelle 7.10: Bedienszenarien Studie; eigene Darstellung	135
Tabelle 7.11: Bedienszenarien Studie; eigene Darstellung (Fortsetzung)	136



## 10 Quellenverzeichnis

### 10.1 Literatur

- [AHN-06] Ahn, Sehyun: Hybrid User Interfaces: Design Guidelines and Implementation Examples. Diss. Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [AXE-80] Axenfeld, Theodor; Pau, Hans (Hrsg.): Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde. 12.Aufl., Stuttgart: Fischer, 1980., S. 1-89.
- [BAU-15] Bauer, Wilhelm: Erfahrungskurve Technologiestrategien. In: Folien zur Vorlesung Technologiemanagement I, Fraunhofer IAO, IAT Universität Stuttgart (Hrsg.). Stuttgart: IAT Universität Stuttgart, 2015.
- [BEC-11] Becker-Carus, Christian: Allgemeine Psychologie - Eine Einführung. Heidelberg: Spektrum, 2011.
- [BEU-98] Beutelspacher, Albrecht; Petri, Bernhard: Der Goldene Schnitt. Heidelberg: Spektrum, 1998, S.100 f.
- [BÖH-11] Böhringer, Joachim; Bühler, Peter; Schlaich, Patrick: Kompendium der Mediengestaltung - Produktion und Technik für Digital- und Printmedien. 5. Aufl., Berlin: Springer, 2011.
- [BRA-05] Brailleschriftkommission der deutschsprachigen Länder (Hrsg.): Teil 1: Das System der deutschen Blindenschrift. In: Marburger Systematiken der Blindenschrift. 4. Aufl., Jürgen Hertlein (Hrsg.). Marburg: Verlag der Deutschen Blindenstudienanstalt Marburg (Lahn), 2005.
- [BUL-94] Bullinger, Hans-Jörg: Ergonomie – Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart: Teubner-Verlag, 1994.
- [BÜN-94] Büning, Herbert; Trenkler, Götz: Nichtparametrische statistische Methoden. 2. Aufl., Berlin: Walter de Gruyter, 1994, S. 8-11.
- [CHI-15] Chiellino, Ulrich et. al.: Ablenkung beim Autofahren - Eine überschätzte Gefahr?. Wien: ADAC, 2015.
- [COO-10] Cooper, Alan; Reimann, Robert; Cronin, Dave: About Face - Interface und Interaction Design. Hamburg: mitp, 2010.
- [CUN-12] Cunningham, Douglas W.; Wallraven, Christian: Experimental Design – From User Studies to Psychophysics. Boca Raton: CRC Press, 2012.

- [DEH-81] Dehning, Waltraud; Essig, Heidrun; Maass, Susanne: Lecture Notes in Computer Science – The Adaptation of Virtual Man-Computer Interfaces to User Requirements in Dialogs. Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 1981.
- [FOR-07] Forlines C. et al.: Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays, In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '07, New York, 2007, S. 647-656.
- [FRA-79] Franke, H.: Zur Theorie des Wirkprinzips als Typ technologischer Gesetze der Stoffbearbeitung. Diss. Universität Halle (Saale), 1979., S. 72-80.
- [FRI-03] Friederici, Ingolf: Dynamische Qualitätssteigerung durch umfassendes Management von Störfällen, Projekten und Maßnahmen - Unter Berücksichtigung der Normserie ISO 9000:2000-12, Mit Verfahrensanweisungen, Formblättern, zahlreichen Beispielen und CD-ROM. Rellingen: Expert Verlag, 2003.
- [GAL-97] Galitz, Wilbert O.: The Essential Guide to User Interface Design – An Introduction to GUI Design Principles and Techniques. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [GRA-02] Grabner, Jörg; Nothhaft, Richard: Konstruieren von Pkw-Karosserien - Grundlagen, Elementen und Baugruppen, Vorschriftenübersicht. 2. Aufl. Berlin: Springer, 2002.
- [GUL-16a] Gulde, Dirk: Die Autos der Zukunft: Extra zur CES 2016. In: auto motor und sport (2016) H. 2, S. 1-14.
- [HÄC-09] Häcker, H.; Stapf, K. H. (Hrsg.): Dorsch Psychologisches Wörterbuch. 15. Aufl. Bern: Huber, 2009, S. 10.
- [HAS-93] Haselgrave, Christine M.: Visual aspects in vehicle design. In: Automotive Ergonomics. London: Taylor & Francis Verlag, 1993.
- [HAT-81] Hatfield, D.: Conference on Easier and More Productive Use of Computer Systems. In: Human-computer interaction research at the University of Maryland. B. Shneiderman (Hrsg.). Baltimore: University of Maryland, 1981.
- [HEM-14] Hempel, Julia: Entwicklung eines Verfahrens zur Erkennung von Fahrerablenkung basierend auf Bedienhandlungen. Masterarb. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2014.

- [HIE-91] Hieber, Wolfgang Lothar: Lern- und Erfahrungskurveneffekte und ihre Bestimmung in der flexiblen automatisierten Produktion. München: Vahlen, 1991.
- [ISR-12] Israel, Johann Habakuk; Hurtienne, Jörn; Weber, Katharina: Be-greifbar oder Virtuell? Der Designer entscheidet. In: Be-greifbare Interaktionen – Der allgegenwärtige Computer, Bernard Robben, Heidi Schelhowe (Hrsg.). Bielefeld: transcript Verlag, 2012.
- [KOR-08] Kortum, Philip: Introduction to the Human Factors of Nontraditional Interfaces. In: HCI Beyond the GUI – Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces, 1.Aufl., Philip Kortum (Hrsg.). Oxford: Elsevier, 2008.
- [KÜN-01] Künne, Bernd: Einführung in die Maschinenelemente. 2.Aufl., Wiesbaden: Springer, 2001.
- [KUN-04] Kunsch, Konrad: Der Mensch in Zahlen - Eine Datensammlung in Tabellen mit über 20000 Einzelwerten. 4. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2004.
- [LAN-08] Lange, Wolfgang; Windel, Armin: Kleine ergonomische Datensammlung. 12. Aufl., Köln: TÜV-Media, 2008.
- [LEE-09a] Lee, John D.; Young, Kristie L.; Regan, Michael A.: Defining Driver Distraction. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 31-40.
- [LEE-09b] Lee, John D.; Young, Kristie L.; Regan, Michael A.: What Drives Distraction? Distraction as a Breakdown of Multilevel Control. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 41-56.
- [LIF-98] Lif, Magnus: Adding Usability: Methods for Modelling, User Interface Design and Evaluation. Diss. Uppsala, 1998. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 359.
- [LÜT-14] Lütze, Lars: Modellbasierter Testprozess der aktustischen Mensch-Maschine-Schnittstelle eines Infotainmentsystems im Kraftfahrzeug. Diss. Universität Stuttgart, 2014. Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement 18.

- [MAI-16a] Maier, Thomas: Werterelevante Parameter. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16b] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Einführung in das Interface-Design. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16c] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Formgebung in der Entwurfsphase. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16d] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Mikroergonomie. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16e] Maier, Thomas; Müller, Alexander; Holder, Daniel: Interiorformgebung. In: Manuskript zur Vorlesung Fahrzeug-Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Alexander Müller (Hrsg.), Daniel Holder (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16f] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Die Erkennung von Produkten. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16g] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Design als Bestandteil des methodischen Entwicklungsprozesses. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAI-16h] Maier, Thomas; Schmid, Markus: Design von Einzelprodukten. In: Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, 2016, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2016.
- [MAT-03] Mattes, Stefan: The Lane Change Task as a tool for driver distraction evaluation. Dearborn: DaimlerChrysler AG, 2003.

- [MAT-05a] Mattes, Stefan: Lane Change Test 1.2 User Guide. Sindelfingen: DaimlerChrysler AG Research and Technology, 2005.
- [MAT-05b] Mattes, Stefan: LCT Analysis with individual models. In: Lane Change Test 1.2 User Guide, Stefan Mattes (Hrsg.). Sindelfingen: DaimlerChrysler AG Research and Technology, 2005.
- [MAT-09] Mattes, Stefan; Hallén, Anders: Surrogate Distraction Measurement Techniques: The Lane Change Test. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 107-122.
- [MCE-09] McEvoy, Suzanne P.; Stevenson, Mark R.: Measuring Exposure to Driver Distraction. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 73-83.
- [MOO-11] Moor, B et al.: Das ideale Verhältnis von realen und virtuellen Bedienfunktionen im Fahrzeugcockpit - Status quo und Visionen. In: Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess, 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Chemnitz, 2011, S. 165-168.
- [MÜL-11] Müller, Mathias: Anwendungsfälle einer Gestensteuerung auf Basis von Tiefeninformationen. Belegarb. Technische Universität Dresden, 2011.
- [NAU-06] Naumann, Anja; Ubas, Leon: Lenken Vernetzte Funktionen vom Fahren ab? Die Lane Change Task als Untersuchungsmethode. Berlin:Center of Human-Machine-Systems (ZMMS), 2006.
- [OPH-09] Ophir, Eyal; Nass, Clifford; Wagner, Anthony D.: Cognitive control in media multitaskers. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Volume 106, Eyal Ophir (Hrsg.). Stanford: Online Veröffentlichung, 2009
- [PAH-07] Pahl, Gerhard et al.: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung - Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Heidelberg: Springer, 2007.
- [PFE-07] Pfeffer, Stefan: Wahrnehmungspsychologische Untersuchung zum Thema visueller, haptischer und akustischer Kanal. Studienarb. Stuttgart, Universität Stuttgart, 2007.

- [PON-11] Ponn, Josef; Lindemann, Udo: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte – Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltlösungen. 2. Aufl., Heidelberg: Springer, 2011.
- [RAN-01] Ranney, T. A.; Garrott, W. R.; Goodman, M. J.: NHTSA driver distraction research – past, present, and future. In: Proceedings – International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. National Highway Traffic Safety Administration, 2001.
- [REG-09] Regan, Michael A.; Young, Kristie L.; Lee, John D.: Introduction. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 3-7.
- [REG-11] Regan, M. A.; Hallet, C.: Driver distraction – Definition, mechanisms, effects, and mitigation. In: Handbook of Traffic Psychology. Elsevier Inc., 2011.
- [SCH-15a] Schmid, Markus; Maier, Thomas: Kapitel 2 – Grundlagen und Definitionen. In: Vorlesungsskript zur Vorlesung Interface Design, SS15, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2015.
- [SCH-15b] Schmid, Markus; Maier, Thomas: Kapitel 3 – Makroergonomie. In: Vorlesungsskript zur Vorlesung Interface Design, SS15, Thomas Maier (Hrsg.); Markus Schmid (Hrsg.). Universität Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2015.
- [SEE-92] Seeger, Hartmut: Design technischer Produkte, Programme und Systeme – Anforderungen, Lösungen und Bewertungen. Heidelberg: Springer, 1992, S. 32-142.
- [SHE-07] Shen, Chia: From Clicks to Touches – Enabling Face-to-Face Shared Social Interface on Multi-touch Tabletops. In: Online Communities and Social Computing - Second International Conference, OCSC 2007 Held as Part of HCI International 2007 Beijing, China, July 2007, Proceedings. Douglas Schuler (Hrsg.). Heidelberg: 2007.
- [SIE-15] Siebenpfeiffer, Wolfgang (Hrsg.): Fahrerassistenzsysteme und Effiziente Antriebe. Wiesbaden: Springer, 2015.
- [SNY-04] Snyder, Carolyn: Paper Prototyping – The fast and Easy Way to Design and Refine User Interfaces. 1.Aufl., Oxford: Elsevier, 2004.

- [STR-15] Strayer, David et al: The Smartphone and the Driver's Cognitive Workload: A Comparison of Apple, Google, and Microsoft's Intelligent Personal Assistants. Washington: University of Utah, 2015.
- [TES-05] Teske, Lothar: Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. Hans-Hermann Braess (Hrsg.); Ulrich Seiffert (Hrsg.) 4. Aufl., Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, 2015.
- [VIC-09] Victor, Trent W.; Engström, Johan; Harbluk, Joanne L.: Distraction Assessment Methods Based on Visual Behavior and Event Detection. In: Driver Distraction - Theory, Effects, and Mitigation, Michael A. Regan (Hrsg.); John D. Lee (Hrsg.); Kristie L. Young (Hrsg.). Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009, S. 135-165.
- [WEB-93] Weber, Jörg: Atlas der Computerperimetrie. Heidelberg: Springer-Verlag, 1993.
- [WHI-08] Whitton, Mary C.; Razzaque, Sharif: Locomotion Interfaces. In: HCI Beyond the GUI – Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces, 1.Aufl., Philip Kortum (Hrsg.). Oxford: Elsevier, 2008.
- [ZÜH-12] Zühlke, Detlef: Nutzergerechte Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen - Useware-Engineering für technische Systeme. 2. Aufl., Heidelberg: Springer-Verlag, 2012.

## 10.2 Internet

Sofern nicht anders angegeben entspricht bei Internetquellen das angegebene Datum (in der Form Jahr-Monat-Tag) dem letzten Zugriffsdatum.

- [ADA-16] Adam Opel AG: Opel: Alle Fahrzeuge. Internet 2016-05-03 (<http://www.opel.de/fahrzeuge/personenwagen/alle-fahrzeuge.html>)
- [ARE-10] AreaMobile: Schomberg, Stefan: Fühlen, was der Touchscreen zeigt. Internet 2010-09-30, Letzter Zugriff: 2016-05-10 (<http://www.areamobile.de/news/16645-nokia-research-fuehlen-was-der-touchscreen-zeigt>)
- [AUD-16] Audi AG: Audi Deutschland: Audi – Startseite. Internet 2016-05-02 (<http://www.audi.de/de/brand/de.html>)
- [BIG-15] Big Think: Zareva, Theodora: The World's First Tablet for Blind People. Internet: 2015-07-14, Letzter Zugriff: 2016-05-24 (<http://bigthink.com/design-for-good/the-worlds-first-tablet-for-blind-people>)
- [BLI-16] Blitab Technology GmbH: Blitab: Homepage. Internet: 2016-05-24 (<http://blitab.com/>)
- [BMW-16] BMW AG: BMW Deutschland: BMW – Startseite. Internet 2016-05-02 (<http://www.bmw.de/de/home.html>)
- [BRI-14] Brigl, Silke: Aussage zu Touchscreens in Automobilen. In: PC-Welt: Dirscherl, Hans-Christian: Exkurs: Touchscreen im Auto – Pro und Contra. Internet 2014-11-16, Letzter Zugriff: 2016-05-01 ([http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen\\_im\\_Auto\\_-\\_Pro\\_und\\_Contra-8513127.html](http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen_im_Auto_-_Pro_und_Contra-8513127.html))
- [BUN-16] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) § 53a Warndreieck, Warnleuchte, Warnblinkanlage, Warnweste. Internet 2016-06-27 ([https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo\\_2012/\\_53a.html](https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/_53a.html))
- [DAI-16] Daimler AG: Mercedes-Benz Deutschland: Mercedes-Benz Personenwagen - Startseite. Internet 2016-05-01 ([http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc\\_germany\\_web-site/de/home\\_mpc/passengercars.html](http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_web-site/de/home_mpc/passengercars.html))
- [DIG-14] Digital Trends: Boxall, Andy: This holographic touchscreen is projected into thin air, but it looks incredibly real. Internet: 2014-10-28, Letzter Zugriff: 2016-05-24 (<http://www.digitaltrends.com/cool-tech/future-touchscreens-projected-thin-air/#:aVXyzvoW0YMt3A>)



- [DIS-16] Disney Research: TeslaTouch: Electrostatic Vibration. Internet 2010-10-22, Letzter Zugriff: 2016-05-01 (<https://www.disneyresearch.com/project/teslatouch/>)
- [DUD-16a] Duden: Wörterbuch: Hybrid - Wortdefinition. Internet 2016-06-17 ([http://www.duden.de/rechtschreibung/hybrid\\_gemischt](http://www.duden.de/rechtschreibung/hybrid_gemischt))
- [DUD-16b] Duden: Wörterbuch: Ablenkung - Wortdefinition. Internet 2016-06-19 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/ablenkung>)
- [DUD-16c] Duden: Wörterbuch: Distraction - Wortdefinition. Internet 2016-06-19 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Distraktion>)
- [DUD-16d] Duden: Wörterbuch: Bedienungselement - Wortdefinition. Internet 2016-06-27 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Bedienungselement>)
- [DUD-16e] Duden: Wörterbuch: Prinzip - Wortdefinition. Internet 2016-06-27 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Prinzip>)
- [DUD-16f] Duden: Wörterbuch: Virtuell - Wortdefinition. Internet 2016-08-01 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/virtuell>)
- [DUD-16g] Duden: Wörterbuch: Immerison - Wortdefinition. Internet 2016-08-04 (<http://www.duden.de/rechtschreibung/Immersion>)
- [EIN-16] E-Ink Holdings, Inc: Ink Technology - Electrophoretic Ink, explained. Internet 2016-07-04 (<http://eink.com/technology.html>)
- [ENG-15] Engadget: Rigg, Jamie: Gel-filled touchscreen creates real buttons on demand. Internet: 2015-09-23, Letzter Zugriff: 2016-05-24 (<http://www.engadget.com/2015/09/23/geltouch/>)
- [ENU-16] Enuvo GmbH: Umfrage Online: Kostenloses Umfragetool für Studenten. Internet 2016-05-01 (<https://www.umfrageonline.com>)
- [FOC-08] Focus Online: Herkner, Lutz: Sturm im Wasserglas. Internet 2008-12-15, Letzter Zugriff: 2016-05-10 ([http://www.focus.de/digital/handy/handyvergleich/tid-12827/rim-blackberry-storm-9500-sturm-im-wasserglas\\_aid\\_354706.html](http://www.focus.de/digital/handy/handyvergleich/tid-12827/rim-blackberry-storm-9500-sturm-im-wasserglas_aid_354706.html))
- [FOR-16] Formel 1.de: Formel-1-Reglement: Sportliches Reglement. Internet 2016-08-10 (<http://www.formel1.de/inside/reglement/sportliches-reglement>)

- [FRA-16a] Frag Caesar: Lateinwörterbuch: Distrahere Übersetzung. Internet 2016-06-19 (<http://www.frag-caesar.de/lateinwoerterbuch/distrahere-uebersetzung.html>)
- [FRA-16b] Frag Caesar: Lateinwörterbuch: Distractio Übersetzung. Internet 2016-06-19 (<http://www.frag-caesar.de/lateinwoerterbuch/distractio-uebersetzung.html>)
- [FRO-14] Fronzek, Tim: Aussage zu Touchscreens im Automobil. In: PC-Welt: Dirscherl, Hans-Christian: Exkurs: Touchscreen im Auto – Pro und Contra. Internet 2014-11-16, Letzter Zugriff: 2016-05-01 ([http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen\\_im\\_Auto\\_-\\_Pro\\_und\\_Contra-8513127.html](http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen_im_Auto_-_Pro_und_Contra-8513127.html))
- [GEE-09] Geek: Humphries, Matthew: Nokia creates vibrating braille solution for reading texts. Internet 2009-09-18, Letzter Zugriff: 2016-05-10 (<http://www.geek.com/mobile/nokia-creates-vibrating-braille-solution-for-reading-texts-907931/>)
- [GIZ-14] Gizmag: Coxworth, Ben: HaptoMime lets users "touch" a mid-air display. Internet: 2014-10-29, Letzter Zugriff: 2016-05-24 (<http://www.gizmag.com/haptomime-ultrasound-touch-interface/34499/>)
- [GIZ-16] Gizmag: Weiss, C.: Audi shows off new virtual dashbord concept and piloted features at CES. Internet 2016-01-07, Letzter Zugriff: 2016-05-10 (<http://www.gizmag.com/audi-ces-2016/41214/>)
- [GOL-12] Golem: Ihlenfeld, Jens: Tactus zeigt Touchscreen mit ausfahrbaren Knöpfen. Internet 2012-06-07, Letzter Zugriff: 2016-05-10 (<http://www.golem.de/news/tactile-layer-tactus-zeigt-touchscreen-mit-ausfahrbaren-knoepfen-1206-92369.html>)
- [GOO-16] Google: Google Patentsuche: US-Patent US 7381152 B2 - Virtual reality system locomotion interface utilizing a pressure-sensing mat. Internet 2016-05-23 (<http://www.google.ch/patents/US7381152>)
- [HEI-10] Heise: Greene, Kate: Touchscreen mit Textur. Internet: 2010-10-22, Letzter Zugriff: 2016-05-23 (<http://www.heise.de/tr/artikel/Touchscreen-mit-Textur-1122346.html>)
- [INT-16] IntuiLab SA: Intuiface: Intuiface kurz vorgestellt. Internet 2016-04-23 (<http://www.intuilab.com/de>)

- [KAL-16] Kalender Reform: Kasser, Peter: Was sind Kalender? Ort: Schweiz Internet: 2016-08-10 ([http://www.peace.ch/calendar\\_reform/was\\_sind\\_Kalender.htm](http://www.peace.ch/calendar_reform/was_sind_Kalender.htm))
- [MAC-07] MacRumors: Nehmia: iTunes cover flow duplication? Internet 2007-01-03, Letzter Zugriff: 2016-07-22 (<http://forums.macrumors.com/threads/itunes-cover-flow-duplication.492274/>)
- [MAP-16] Mapbox: Startseite. Internet: 2016-07-28 (<https://www.mapbox.com/>)
- [MIC-12] MichaelNeuhaus.de: Neuhaus, Michael: VW Golf VI – Kaufberatung. Internet 2012-05-06, Letzter Zugriff: 2016-05-03 (<http://www.michaelneuhaus.de/golf6/golf6-kaufberatung.htm#radio>)
- [MOT-09] Motor-Talk.de: murxer666: Ein Wochenende im Golf VI TDI. Internet 2009-08-12, Letzter Zugriff: 2016-05-03 (<https://data.motor-talk.de/data/galleries/305876/5758648/dsc-0069-31838.jpg>)
- [MÜC-06] Dr-Mueck: Mück, Herbert: PotenzialEntfaltung-GLOBALfitness: Verkehrsunfälle – 20 Prozent durch Ablenkung verursacht. Internet 2006-08-10, Letzter Zugriff: 2016-05-06 ([http://www.dr-mueck.de/HM\\_Sucht/Verkehrsunfaelle\\_Ablenkung.htm](http://www.dr-mueck.de/HM_Sucht/Verkehrsunfaelle_Ablenkung.htm))
- [MUS-16] Museum of the Game: The International Arcade Museum: Steel Talons. Internet 23-05-2016 (<http://www.arcade-museum.com/images/106/1064448556.jpg>)
- [NEW-13] News.Preisgenau.de: Schäfer, Sven: Samsung Galaxy S4 und Galaxy Note 3 mit Handschuhen bedienen - so geht's. Internet: 2013-29-10, Letzter Zugriff: 2016-08-16 (<http://news.preisgenau.de/samsung-galaxy-s4-und-galaxy-note-3-mit-handschuhen-bediene-so-gehts-29936.html>)
- [OXF-16a] Oxford University Press: Oxford Dictionaries: Definition von distraction in Englisch. Internet 2016-06-19 (<http://www.oxforddictionaries.com/de/definition/englisch/distraction>)
- [OXF-16b] Oxford University Press: Oxford Dictionaries: Definition von distract in Englisch. Internet 2016-06-19 (<http://www.oxforddictionaries.com/de/definition/englisch/distract>)
- [PCW-14a] PC-Welt: Dirscherl, Hans-Christian: Exkurs: Touchscreen im Auto – Pro und Contra. Internet 2014-11-16, Letzter Zugriff: 2016-05-01 ([http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen\\_im\\_Auto\\_-\\_Pro\\_und\\_Contra-8513127.html](http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen_im_Auto_-_Pro_und_Contra-8513127.html))

- [PCW-14b] PC-Welt: Söldner, Michael: Sprachsteuerung im Auto lenkt Fahrer zu sehr ab. Internet 2014-10-09, Letzter Zugriff: 2016-07-01 ([http://www.pcwelt.de/news/Sprachsteuerung\\_im\\_Auto\\_lenkt\\_Fahrer\\_zu\\_sehr\\_ab\\_-Studie-8934997.html](http://www.pcwelt.de/news/Sprachsteuerung_im_Auto_lenkt_Fahrer_zu_sehr_ab_-Studie-8934997.html))
- [PCW-16c] PC-Welt: Söldner, Michael: Virtual-Reality-Laufband Omni für Gamer. Internet 2016-03-08, Letzter Zugriff: 2016-06-21 ([http://www.pcwelt.de/news/Virtual-Reality-Laufband\\_fuer\\_Gamer\\_kann\\_vorbestellt\\_werden\\_-Omni-8144034.html](http://www.pcwelt.de/news/Virtual-Reality-Laufband_fuer_Gamer_kann_vorbestellt_werden_-Omni-8144034.html))
- [PHO-16] PhonesData: Blackberry Strom 9500 - Technische Daten und Test. Internet: 2016-05-23 (<http://phonesdata.com/de/smartphones/blackberry/storm-9500-157/>)
- [RAN-15] RandomBrick: Blessing, Benjamin: Audi A3 Limousine mit MMI Navigation plus touch. Internet 2015-06-26, Letzter Zugriff: 2016-07-20 (<http://www.randombrick.de/audi-a3-limousine-mit-mmi-navigation-plus-touch/>)
- [SPR-16] Springer: Gabler Wirtschaftslexikon: Definition Hyperlink. Internet 2016-06-23 (<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/hyperlink.html>)
- [STU-14] Stuff: Findlater, Will: Fujitsu's tablet with ultrasonic haptic feedback ist he most amazing thing at MWC. Internet: 2014-02-27, Letzter Zugriff: 2016-05-24 (<http://www.stuff.tv/features/fujitsus-tablet-ultrasonic-haptic-feedback-most-amazing-thing-mwc>)
- [TAC-16] Tactus Technology: Tactus: Infopage. Internet 2016-05-10 (<http://tactus-technology.com/>)
- [TES-13] Tested: Fenlon, Wesley: Tactus Tech Adds Tactile Buttons to Touch Screens. Internet 2013-01-13, Letzter Zugriff: 2016-05-10 (<http://www.tested.com/tech/smartphones/452957-tactus-touch-screen-got-all-morphy-ces/>)
- [THE-15] The Guardian: Gibbs, Samuel: Apple's 'force touch' and 'taptic engine' explained. Internet: 2015-03-11, Letzter Zugriff: 2016-05-23 (<https://www.theguardian.com/technology/2015/mar/11/apples-force-touch-taptic-engine-explained-haptic-technology>)
- [TNL-13] TNL.net: Louis, Tristan: Usability 101. Internet 2013-06-17, letzter Zugriff: 2016-08-10 (<http://www.tnl.net/blog/2003/06/17/usability-101-learnability/>)

- [TOM-14] Tom's Hardware: Parrish, Kevin: 4 Cool New Haptic Feedback and Touchscreen Technologies. Internet: 2014-03-12, Letzter Zugriff: 2016-05-23 (<http://www.tomshardware.co.uk/feedback-tactile-heptic-touch-fujitsu,news-47408.html>)
- [VID-16] VideoMan.gr: VideoMan: Das erste Auto mit touchscreen. Internet 2016-02-24, Letzter Zugriff: 2016-05-03 (<http://www.videoman.gr/de/92701>)
- [WAC-16] Wacom: CINTIQ: 27QHD Creative Pen & Touch Display. Internet 2016-06-07 (<http://www.wacom.com/en-us/products/pen-displays/cintiq-27-qhd-touch#Specifications>)
- [WAG-14] Wagner, Gorden: Aussage zu Touchscreens in Automobilen. In: PC-Welt: Dirscherl, Hans-Christian: Exkurs: Touchscreen im Auto - Pro und Contra. Internet 2014-11-16, Letzter Zugriff: 2016-10-09 ([http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen\\_im\\_Auto\\_-\\_Pro\\_und\\_Contra-8513127.html](http://www.pcwelt.de/ratgeber/Exkurs-Touchscreen_im_Auto_-_Pro_und_Contra-8513127.html))
- [WIK-07] Wikipedia: Senarclens: Schema einer elektrophetischen Anzeige. Internet 2007-08-10, Letzter Zugriff: 2016-07-04 ([https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronisches\\_Papier#/media/File:Electrophoretic\\_display\\_001.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronisches_Papier#/media/File:Electrophoretic_display_001.svg))
- [WIK-16] Wikipedia: Immersion (Virtuelle Realität). Internet 2016-08-04 ([https://de.wikipedia.org/wiki/Immersion\\_\(virtuelle\\_Realit%C3%A4t\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Immersion_(virtuelle_Realit%C3%A4t)))
- [ZDN-14] ZDNet: Kling, Bernd: Studie zur Sprachsteuerung im Auto: Siri lenkt am meisten ab. Internet 2014-10-08, Letzter Zugriff: 2016-07-01 (<http://www.zdnet.de/88207541/studie-zur-sprachsteuerung-im-auto-siri-lenkt-meisten-ab/>)

### 10.3 Normen und Richtlinien

- [DIN-33402] Norm DIN 33402-2 Dezember 2005. Ergonomie – Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte
- [DIN-33408a] Norm DIN 33408-1 März 2008. Körperumrisschablonen – Teil 1: Für Sitzplätze.
- [DIN-33408b] Norm DIN 33408 Beiblatt 1 Januar 1987. Körperumrisschablonen für Sitzplätze – Anwendungsbeispiele.
- [DIN-6776] Norm DIN 6776-1 April 1976. Technische Zeichnungen - Beschriftung, Schriftzeichen.
- [ISO-15008] Norm DIN EN ISO 15008 Februar 2016. Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen – Anforderungen und Bewertungsmethoden der visuellen Informationsdarstellung im Fahrzeug.
- [ISO-9241] Norm DIN EN ISO 9241-11 Januar 2016. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte.
- [VDE-3850] Norm VDE 3850-3 November 2015. Gebrauchstaugliche Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für technische Anlagen – Merkmale, Gestaltung und Einsatzmöglichkeiten von Benutzungsschnittstellen mit Touchscreens.
- [VDI-2221] Norm VDI 2221-1 Juni 1997. Konstruktionsmethodik – Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien.
- [VDI-2225] Norm VDI 2225-1 November 1997. Konstruktionsmethodik – Technisch-wirtschaftliches Konstruieren – Vereinfachte Kostenermittlung.

## **Rechtlicher Hinweis**

Die vorliegende Arbeit wurde unter Anleitung vornehmlich des betreuenden wissenschaftlichen Mitarbeiters des Instituts, Herrn M.Sc. T. Glohr (stv. Prof. Dr.Ing. T. Maier), angefertigt. Sämtliche Ergebnisse wurden in regelmäßiger Diskussion und in Abstimmung mit dem Betreuer erarbeitet.

Der Verfasser dieser Arbeit stimmt einer Veröffentlichung der Ergebnisse durch das Institut zu und wird diesbezügliche eigene Veröffentlichungen nur in Abstimmung mit dem Institutsleiter und dem betreuenden Mitarbeiter vornehmen.

## **Erklärung zur Bachelorarbeit**

Ich versichere hiermit, dass ich, stud. tema. Adrian Henrich, die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und sowohl wörtliche, als auch sinngemäß entlehnte Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Ich versichere, dass ich die Arbeit weder vollständig noch in Teilen bereits veröffentlicht habe und dass das elektronische Exemplar mit den gedruckten Exemplaren übereinstimmt. Weiterhin versichere ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens ist oder war.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Henrich', with a stylized flourish at the end.