

Lehrstuhl für Ergonomie
der Technischen Universität München

Das optimale Bedienelement und der optimale Bedienort für eine Nutzerfunktion

Aufbau und Anwendung eines Katalogs
für Bedienelemente im Kontext des Perso-
nenkraftwagens

Stephan Bernhard Sönke Müller

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen
der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Veit St. Senner

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. i.R. Dr. rer. nat. habil. Heiner Bubb
2. Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann

Die Dissertation wurde am 19.08.2015 bei der Technischen Universität München ein-
gereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 08.03.2016 angenommen.

Meinem Vater

Dank- und Vorwort

Beim Erstellen dieser Arbeit hatte ich das Glück, mich im ambivalenten Umfeld einer Dissertation in der Industrie bewegen zu dürfen und dadurch sowohl in das wirtschaftliche Arbeitsumfeld am Puls der Fahrzeugentwicklung bei der BMW Group eingebunden zu sein, als auch am wissenschaftlichen Leben in der geistig fruchtbaren Atmosphäre des Lehrstuhls für Ergonomie der TU München teilhaben zu können. Ich bedanke mich daher herzlich bei meinem Doktorvater, Univ.-Prof. Dr. rer. nat. i.R. Heiner Bubb, der mich bei dieser Arbeit mit weisem Rat und väterlicher Fürsorge betreut und begleitet hat. Ebenso gilt mein Dank Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein, dem damaligen Leiter der Abteilung für Anzeige und Bedienung der BMW Group, der meine Anstellung als Doktorand im April 2007 ermöglicht und mich ebenfalls mit Rat und Tat unterstützt hat.

Weiterhin möchte ich mich bei Hermann Künzner bedanken, dem Leiter der Konzeptgruppe in der Abteilung und meinem fachlichen Betreuer bei der BMW Group. Auch Dr. Christian Knoll danke ich sehr für die intensive und hervorragende Zusammenarbeit an „unserem Baukasten“. Ebenfalls für kompetenten Rat in jeder Situation und die niemals versiegende Quelle seines Humors möchte ich (Dr.) Martin Zobl danken, sowie Dr. Josef Schumann für stets konstruktive Gespräche und einen enormen Wissensschatz. Im Allgemeinen möchte ich den internen und externen Kollegen der Abteilung für Anzeige und Bedienung danken für das hervorragende Arbeitsklima und die freundschaftliche Stimmung, die ich im Nachhinein immer noch mehr zu schätzen weiß. Speziell möchte ich hier Bernd Bader, Christian Türke und Reiner Rottner danken für ein offenes Ohr bei all den alltäglichen Problemchen des Lebens.

Eine sehr gute Kollegin, Freundin und Mitstreiterin war mir Dr. Ramona Lermer, die kurz vor mir eine Doktorandenstelle in der Abteilung für Anzeige und Bedienung antrat und mit mir die Fahne der Wissenschaft hoch hielt. Auch die anderen Doktoranden der Abteilung, die kürzere oder längere Wegstrecken mit mir gemeinsam zurücklegten – manche sind auch geblieben, möchte ich erwähnen und ihnen für die freundschaftliche Stimmung wie für die wissenschaftliche Unterstützung danken, allen voran Dr. Frederik Platten, Dr. Nataša Miličić und (Dr.) Genoveva Brunner.

An dieser Stelle möchte ich gerne allen ehemaligen und aktuellen Mitgliedern des Doktorandenkreises der BMW Group dafür danken, dass ich an diesem Kreis teilhaben, zwei ProMotion-Dialogtage mit gestalten und ein Jahr lang Euer Sprecher sein durfte – zusammen mit Dr. Philip Heinemann, dem ich ganz speziell für diese hervorragende und erfolgreiche Amtszeit und auch alles Weitere danken möchte. Ich vermisse bereits das politische Leben am Puls der Unternehmensführung. Der Doktorandenkreis war mir sowohl in privater – mit Grillen und PhD-Cup – als auch in fachlicher Hinsicht – als die geballte Wissenschaftskompetenz der BMW Group – eine Heimat.

Auch den geistigen Wegbereitern dieser Arbeit möchte ich hier danken: Allen voran Dr. Robert Rassl, dem Betreuer meine Diplomarbeit bei der BMW Group, der schon damals meinen wissenschaftlichen Ehrgeiz weckte, mir die Möglichkeiten einer Promotion aufzeigte und bis heute in freundschaftlicher Verbundenheit stets ein offenes Ohr für mich hat. Auch Dr. Christian Lange gilt mein Dank, der damals meine Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie betreut hat und mir damals wie während der Dissertation mit wertvollen Ratschlägen und guten Tipps zur Seite stand. Schließlich möchte ich Dr. Verena Broy danken, die auf dem ProMotion-Dialogtag 2006 zumindest einen der Grundsteine für diese Arbeit gelegt hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei den studentischen Kräften, die – auch wenn ich nie offiziell ihr Betreuer war – entscheidende Grundlagen, Graphiken und nicht zuletzt Wissen zu dieser Arbeit beigesteuert haben: Hendrik Kuijs, der nicht nur die Notation der Freiheitsgrade von Bedienelementen entworfen, sondern außerdem noch einen Prototypen der Baukasten-Software erstellt hat. Sotiris Kotronias, der gleichermaßen großes Talent und unendliche Geduld bei der Erstellung der Graphiken für die Bedienelemente bewiesen hat. Und Susanne Woitsch – und hier sollte ich eigentlich ihren Namen falsch schreiben – die von der Diplomarbeit über Wissensmanagement bis hin zur graphischen Ausgestaltung der Anzeigenmatrix zahllose Beiträge und hochinteressante Gesprächsthemen geliefert hat.

Ich danke auch Andreas Harz von der BMW classic, der mir den Zugang zu den historischen BMW-Fahrzeugen ermöglichte und mir vor allem auch im Archiv mit den alten Gebrauchsanweisungen eine große Hilfe war.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Freunden und meiner Familie danken. Ich hoffe, ich war nicht zu unausstehlich. Ich danke meiner Freundin Maja Probst, die mir den Freiraum gab, diese Arbeit niederzuschreiben und die Zuwendung und Unterstützung, Motivationsengpässe zu überwinden und am großen Ziel festzuhalten. Und ich danke meinen Eltern, die mich von klein auf in meiner Wissensgier und all meinen Interessen bestärkt und unterstützt haben, die mir Schule, Studium und letztlich auch diese Arbeit ermöglichten, und mir zusammen mit meiner Schwester die beste Familie waren, die ich mir wünschen kann. Ich danke vor allem meinem Vater, der mir noch zu dieser Arbeit riet und dem ich sie deswegen widme.

München, im Juni 2010

Kurzfassung

Ausgehend von der Beobachtung, dass in den Fahrerarbeitsplätzen heutiger Personenkraftwagen sehr oft die seit vielen Jahren bekannten Regeln der Systemergonomie verblüffend wenig beachtet werden, möchte sich diese Arbeit sehr grundsätzlich mit dem Thema Bedienelemente befassen. Es wird daher eine systematische Analyse der wesentlichen Komponenten eines Anzeige- und Bedienkonzeptes für Kraftfahrzeuge durchgeführt. Für die Nutzerfunktionen selbst, die die Basis jeder Anzeige und Bedienung darstellen, sowie für die Bedienelemente, die Anzeigenelemente und die Bedienorte werden umfassende Kriterien festgelegt und Eigenschaften analysiert.

Für die Anzeigenelemente und vor allem für die Bedienelemente werden vollständige Baukästen aufgestellt, also Kataloge, die alle möglichen, systemergonomisch unterscheidbaren Stereotypen auflisten. Für beide Komponenten wird außerdem jeweils eine Methode entwickelt, die das optimale Bedienelement und das optimale Anzeigenelement für eine Nutzerfunktion aus systemergonomischer Sicht festlegt. (Womit wird bedient?) Ebenso wird eine Methode erarbeitet, die den Bedienort und den Anzeigeort sowie die benutzerorientierte Gruppierung von Funktionen mit anderen bestimmt. (Wo wird bedient?) Die genaue Gestaltung der einzelnen Bedien- und Anzeigenelemente wird ebenfalls betrachtet und unter Berücksichtigung systemergonomischer Grundlagen sowie aktuellster Erkenntnisse ein Optimum aus Sicht der Bedienbarkeit vorgeschlagen. (Wie genau sieht das Bedienelement aus?)

Damit ist eine umfassende Behandlung der Bedienung und Anzeige einer Funktion gegeben. Dabei wird die Funktion als die für den Benutzer entscheidende Einheit in den Mittelpunkt gerückt – von ihr ausgehend werden die weiteren Schritte unternommen. Es wird jeweils ein systemergonomisches Optimum festgelegt, wo eine Funktion bedient werden sollte, mit welchem Bedienelement, und wie dieses Bedienelement konkret gestaltet sein sollte. Innerhalb gewisser Grenzen wird dasselbe auf Seiten der Anzeige durchgeführt.

Schlagwörter: Anzeige- und Bedienkonzept, Bedienelement, Anzeigenelement, Systemergonomie, Mensch-Maschine-Interaktion, Stereotypen, Semantik, Bedienort, Anzeigeort, Gestaltungsrichtlinien, Klassifizierung von Bedienelementen, Physische Bedienelemente, Taster, Schalter, Knopf, Kipphebel, Wippschalter

Abstract

Due to the observation of several cockpits of current passenger vehicles astonishingly little observing the recommendations of Ergonomics which are known for many years, this thesis wishes to issue the control elements on a very fundamental basis. It therefore contains a systematic analysis of the essential components of an automobile's user interface. Comprehensive criteria are established and properties analysed for the customer-relevant functions themselves, which are the centre of all controls and displays, for the control- and display-units and for the possible positions of controls and displays within the vehicle's cockpit.

For the display-units and especially for the control-units complete sets are compiled as catalogues of all possible, ergonomically distinguishable stereotypes. Both those components are object to the development of a method to determine the optimal control-unit and the optimal display-unit for any function from the ergonomic point of view. (Which control?) Alike a method is developed to determine the position of controls and displays within the cockpit and define the user-orientated clustering of functions. (Where is the control?) The palpable design of control- and display-units is also considered and an optimal is proposed which takes into account the ergonomic basics as well as latest results. (How exactly does the control look?)

Herewith is given a comprehensive examination of the control and display of a customer-function. Hereby the function which is the relevant unit from the user's point of view is placed in the centre of observation – based upon it all further steps are taken. An ergonomic optimal is identified, where a function should be controlled, by which control-unit and how this control-unit should be designed in detail. With certain limitations the same is provided for the display-unit.

Keywords: user-interface, usability, control-unit, display-unit, Ergonomics, man-machine-interface, stereotypes, semantics, location of control, location of display, design-guidelines, classification of controls, hardware controls, button, knob, rocker, switch

Zusammenfassung

Diese Arbeit fußt auf der allgegenwärtigen Beobachtung, dass einerseits der technische Fortschritt eine Unzahl von neuen und noch vor wenigen Jahre unvorstellbaren Apparaten und Technologien hervorbringt, dass aber andererseits die Benutzerfreundlichkeit oder gar die schiere Benutzbarkeit vieler neuer Geräte entweder aus Unkenntnis oder aus Missachtung der Regeln des Forschungsgebiets der Systemergonomie, welche eigentlich Teil jenes Fortschritts ist, stark vernachlässigt werden beziehungsweise kaum vorhanden sind. Besonders fahrlässig ist diese Vernachlässigung im Bereich des Automobils, denn wo eine Masse mehrerer metrischer Tonnen mit Geschwindigkeiten jenseits der zweihundert Kilometer pro Stunde bewegt wird, dort stellt jedes Quäntchen Aufmerksamkeit, das die Bedienung einer Nebenaufgabe vom eigentlichen Fahren abzieht, eine Gefahr dar.

Aus dieser Motivation erwächst die wissenschaftliche Zielsetzung dieser Arbeit, nämlich die Suche nach dem bestmöglichen Bedienprinzip einer Funktion im Kraftfahrzeug, also jenem, das am leichtesten verstanden wird und dadurch am wenigsten ablenkt. Das Bedienprinzip setzt sich dabei zusammen aus drei Bestandteilen: dem Bedienort, dem Bedienelementtyp und der Detailgestaltung dieses Bedienelements. Um für alle drei Bestandteile das jeweilige Optimum zu bestimmen, werden hier zunächst die relevanten wissenschaftlichen Grundlagen aufgeführt und erläutert. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf den Gestaltungsmaximen der Systemergonomie, aber auch die Fahraufgabe selbst und ihre Bestandteile sowie die generellen Regeln der Gestaltung werden erörtert. Des Weiteren werden mehrere Fahrzeuge verschiedener Hersteller und verschiedenen Alters analysiert, um auch auf eine empirische Grundlage zurückgreifen zu können.

So ausgerüstet mit Wissen aus Theorie und Praxis erfolgt zunächst eine gründliche Auseinandersetzung mit den Funktionen selbst als dem Kern, um den sich Bedienung und Anzeige schließlich drehen. Dabei wird eine Reihe von Merkmalen bestimmt, die für die systemergonomische Betrachtung der Funktionen eine Rolle spielen, und für einen repräsentativen Satz von Funktionen die Ausprägungen dieser Merkmale festgestellt. Die erfassten Kriterien enthalten dabei alle denkbaren Informationen, die bei der späteren Bestimmung des optimalen Bedienelements und des optimalen Bedienorts von Bedeutung sein können. In diesem Zusammenhang gilt besondere Aufmerksamkeit den ordnenden Kriterien, die Schemata der Klassifikation von Funktionen ausbilden können.

Im nächsten Schritt werden die Bedienelemente einer ähnlich intensiven Analyse unterzogen, um bei der Suche nach dem optimalen Bedienelement für eine Funktion von derselben Informationsgüte ausgehen zu können, insbesondere werden auch hier alle denkbaren, systemergonomisch relevanten Kriterien bestimmt. Nach der Diskussion der speziellen theoretischen Grundlagen der Bedienelemente werden die zuvor gesammelten Daten aus den realen Fahrzeugen gezielt auf Bedienelementtypen und die Häufigkeit deren Vorkommens hin durchleuchtet. Unter Zuhilfenahme von theoretischen und praktischen Erkenntnissen sowie weiterer, systematischer Methoden wird im Sinne der Klassifikation ein Grundstock von Bedienelementtypen erstellt – der für diese Arbeit titelstiftende Bedienelemente-Baukasten. Jedes einzelne Element dieses Baukastens wird nach den vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnissen gemäß seinem Typ auf größtmögliche Verständlichkeit hin gestaltet, so dass es beispielsweise seine Berührflächen und Bewegungsrichtungen bereits auf den ersten Blick ausweisen kann.

Es folgt die Entwicklung einer Methode, die unter Anwendung aller bisher gefundenen Erkenntnisse für jede der analysierten Funktionen den jeweils optimale Bedienelementtyp feststellen kann. Dabei werden die schon genannten Kriterien der Funktionen einerseits und der

Bedienelemente andererseits mithilfe der bereits bekannten, wissenschaftlichen Fakten so in Zusammenhang gebracht, dass die systemergonomische Güte einer beliebigen Konstellation von Funktion und Bedienelementtyp numerisch dargestellt werden kann. Je höher diese Zahl ist, desto besser passen nach den einbezogenen systemergonomischen Gesichtspunkten eine Funktion und ein Bedienelementtyp zusammen, folglich ist das Bedienelement mit der höchsten Zahl für dieselbe Funktion das optimale, was mit ausgewählten Beispielen verdeutlicht wird.

Dasselbe Prozedere, das den Bedienelementen zuteil wurde, wird auf die Anzeigenelemente angewandt. Diese zeigen sich als weniger geeignet für jene Art der Analyse, lassen sich nur schwer in Schemata fassen und streuen ihre Eigenschaften viel weiter als die Bedienelemente. Die Aufstellung eines Baukastens gelingt zwar, jedoch ist die Adaption der eben genannten Methode zum Fund des Optimums auf die Anzeigenelemente schwierig. Ihre Anwendung und Ergebnisse werden ebenfalls an Beispielen diskutiert.

Für die verbliebene Komponente, den Bedienort beziehungsweise den Anzeigeort, werden mehrere unterschiedliche Überlegungen angestellt. Da mit dem Bedienort sowohl die absolute Platzierung im Fahrzeugcockpit als auch der relative Ort, also die Gruppierung mit anderen Funktionen gemeint ist, müssen hier für beide Pfade jeweils Methoden hergeleitet werden, um ein jeweiliges Optimum zu finden. Für den absoluten Ort wird die Methode zum Fund des optimalen Bedienelementtyps entliehen und adaptiert, für den relativen Ort jedoch müssen Methoden der Psychologie hinzugenommen werden. Auch hier werden Durchführung und Ergebnisse aller Methoden ausführlich diskutiert.

Das abschließende Gesamtergebnis zeigt, dass jeweils ein systemergonomisches Optimum festgelegt werden kann, wo eine Funktion bedient werden sollte, mit welchem Bedienelement, und wie dieses Bedienelement konkret gestaltet sein sollte. Innerhalb gewisser Grenzen gilt das selbe auf Seiten der Anzeigen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	19
Tabellenverzeichnis.....	25
Abkürzungsverzeichnis.....	27
Kapitel 1: Einleitung und Zielsetzung.....	31
1.1 Motivation.....	31
1.2 Wissenschaftliche Zielsetzung.....	34
1.3 Grundgedanke.....	36
1.4 Aufbau der Arbeit.....	37
Kapitel 2: Grundlagen.....	39
2.1 Systemergonomie.....	39
2.1.1 Mensch-Maschine-System.....	40
2.1.2 Gestaltungsmaximen der Systemergonomie.....	41
2.1.2.1 Funktion.....	42
Aufgabeninhalt.....	42
Aufgabenauslegung.....	43
2.1.2.2 Rückmeldung.....	44
2.1.2.3 Kompatibilität.....	44
Primäre äußere Kompatibilität.....	45
Primäre innere Kompatibilität.....	46
Sekundäre Kompatibilität.....	46
Gestaltungsmöglichkeiten.....	47
2.1.3 Systemtypen und Steuerungsarten.....	48
2.1.4 Intuitive Bedienung.....	51
2.1.5 Informationsverarbeitung.....	52
2.2 Fahraufgabeneinteilung.....	53
2.2.1 Primäre Fahraufgabe.....	53
2.2.2 Sekundäre und tertiäre Fahraufgabe.....	55
2.2.3 Einteilung der Fahrzeugfunktionen.....	56
2.2.4 Fahraufgabeneinteilung und Informationsverarbeitung.....	57
2.3 Gestaltungsregeln.....	58
2.3.1 Allgemeine Regeln.....	58
2.3.1.1 Farbauswahl.....	58
2.3.1.2 Schriftbild.....	59
2.3.1.3 Symbole.....	60
2.3.1.4 Fitts's Law.....	61
2.3.2 Wahrnehmungsregeln.....	62
Gesetz der Nähe.....	62
Gesetz der Ähnlichkeit.....	62
Gesetz des glatten Verlaufs.....	63
Gesetz der guten Gestalt.....	64

Gesetz des gemeinsamen Schicksals.....	65
Überhöhung des Kontrastes.....	66
Kapitel 3: Methode der Analyse realer Fahrzeuge.....	67
3.1 Allgemeine Kriterien für die Analyse.....	67
3.2 Nutzerfunktionen für die Analyse.....	70
3.3 Stellteilauswahl für die Analyse.....	72
3.4 Bedien- und Anzeigeorte für die Analyse.....	73
3.5 Analysierte Fahrzeuge.....	75
Aktuelle BMW-Fahrzeuge.....	76
Fahrzeuge anderer Hersteller.....	76
Historische Fahrzeuge (chronologisch).....	76
3.6 Ergebnisse.....	77
Kapitel 4: Nutzerfunktionen.....	79
4.1 Funktionen (Theorie).....	80
4.2 Analyse der Nutzerfunktionen.....	81
Auswahl der analysierten Funktionen.....	82
Kriterien.....	82
Rubriken (Funktionsgruppen).....	86
Geräte.....	86
Anwendungsfälle.....	87
Phasen.....	87
4.3 Klassifikation von Nutzerfunktionen.....	87
4.3.1 Schema nach Wichtigkeit und Häufigkeit.....	88
4.3.2 Schema nach Dringlichkeit und Schadensausmaß.....	89
4.4 Ergebnis.....	92
Kapitel 5: Bedienelemente.....	93
5.1 Bedienelemente (Theorie).....	93
5.1.1 Abgrenzung von Bedienelementen.....	94
5.1.2 Rast- und Schaltstellungen.....	95
5.1.3 Kontinuierlichkeit.....	99
5.1.4 Gewohnheit.....	102
5.2 Bedienelemente in realen Fahrzeugen.....	103
5.3 Aufstellung des Bedienelemente-Baukastens.....	108
5.3.1 Systematische Erweiterung des Lösungsraums.....	108
5.3.2 Elemente des Bedienelemente-Baukastens.....	110
5.3.3 Eigenschaften der Baukastenelemente.....	111
5.3.4 Bedienelemente mit Lichtindex.....	116
5.4 Semantik der Bedienelemente.....	118
5.5 Methode zum Fund des optimalen Bedienelements.....	121
5.5.1 Ablauf der Methode.....	121
5.5.2 Herleitung der Eigenschaftskonstellationen.....	123
5.5.3 Sonderfall Freiheitsgrade.....	125

5.5.4 Festlegung der Gewichtung.....	128
5.6 Ergebnisse: Optimales Bedienelement.....	130
Fahrlicht.....	131
Lautstärke.....	133
Bildschirmbedienung.....	136
Lange Liste.....	142
Kapitel 6: Anzeigenelemente.....	147
6.1 Anzeigen (Theorie).....	148
6.1.1 Anwendungsart.....	148
6.1.2 Darstellungsform.....	149
6.1.3 Skalen und Bereichsanzeigen.....	153
6.1.4 Gestaltungsregeln.....	156
6.2 Anzeigenmatrix.....	159
6.2.1 Assistenten und Anzeigen.....	159
6.2.2 Warnungen.....	161
6.2.3 Aufmerksamkeitserregung.....	163
6.2.4 Anzeigenauslegung.....	164
6.3 Kodierungen.....	168
6.4 Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen.....	169
6.5 Aufstellung des Anzeigen-Baukastens.....	170
6.5.1 Elemente des Anzeigen-Baukastens.....	172
6.5.2 Eigenschaften der Baukastenelemente.....	173
6.6 Übertragung der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements.....	175
6.7 Ergebnisse: Optimales Anzeigenelement.....	177
Statusanzeige von Funktionen.....	178
Geschwindigkeitsanzeige.....	178
Allgemeine Empfehlungen.....	181
Kapitel 7: Bedien- und Anzeigeorte.....	183
7.1 Klassifikation von Bedienorten.....	184
7.2 Methode zum Fund des optimalen absoluten Ortes.....	186
7.2.1 Vorüberlegungen.....	186
Handweg bei der Bedienung.....	187
Entfernung zur Sichtachse des Fahrers.....	188
Höhe auf dem Armaturenbrett.....	189
Zugriff durch Fahrer und Beifahrer.....	191
7.2.2 Beschreibung der Methode.....	191
7.2.3 Kompromissbereitschaft.....	194
7.3 Methode zum Fund des optimalen relativen Ortes.....	196
7.3.1 Sortierexperiment.....	197
Literaturquellen.....	197
Versuchsdesign und -ablauf.....	198
7.3.2 Gruppierung aufgrund anderer Ähnlichkeitsmaße.....	204
Ähnlichkeitskriterien und Gewichtung.....	204

Algorithmus zur Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes.....	205
7.4 Ergebnisse: Bedienorte.....	206
Der absolute Ortsvorschlag.....	206
Der gewohnte Ort.....	207
Die gewohnte Gruppierung.....	208
Die empirische Gruppierung.....	209
Die theoretische Gruppierung.....	211
Konkreter Ortsvorschlag.....	213
7.5 Ergebnisse: Anzeigenorte.....	215
Kapitel 8: Gesamtergebnis.....	219
Kapitel 9: Ausblick.....	227
Literaturverzeichnis.....	229
Anhang.....	237
Anhang A: Funktionsliste.....	237
Anhang B: Stellteilauswahl für die Analyse realer Fahrzeuge.....	245
Anhang C: Kriterien der Funktionsanalyse.....	249
Rubriken.....	250
Geräte.....	251
Anwendungsfälle.....	251
Phasen.....	253
Anhang D: Bedienelemente-Baukasten.....	254
Flussdiagramm der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements.....	254
Gegenüberstellung der Eigenschaften von Funktionen und Bedienelementen.....	255
Auflistung aller Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Bedienelementen.....	257
Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Bedienelementen.....	258
Entscheidungsbaum für Dimensionen und Freiheitsgrade.....	260
Bedienelement-Stereotypen des Baukastens.....	262
Anhang E: Anzeigen-Baukasten.....	272
Liste der möglichen Anzeigen-Kodierungen.....	272
Anzeigen-Stereotypen des Baukastens.....	273
Gegenüberstellung der Merkmale.....	275
Auflistung aller Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Anzeigenelementen.....	277
Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Anzeigenelementen.....	278
Anhang F: Bedien- und Anzeigeorte.....	280
Liste der Ortsklassen.....	280
Eigenschaften der Ortsklassen.....	281
Begriffe des Sortierexperiments.....	283
Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung.....	285

Dendrogramm.....	286
Flussdiagramm der Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes.....	287
Vergleich der Dendrogramme der 90 Funktionen.....	288
Vergleich der Dendrogramme der 300 Funktionen.....	289
Anhang G: Gesamtergebnistabelle.....	290
Kontaktanschrift und Lebenslauf.....	307

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftauslässe in Armaturenblettern verschiedener PKW.....	32
Abbildung 2:	Türöffner bei den drei Generationen der Münchner U-Bahn-Züge....	33
Abbildung 3:	Fragen an den Bedienelemente-Baukasten.....	35
Abbildung 4:	Grundgedanke zum Fund des optimalen Bedien- und Anzeigeelements: Alle Komponenten haben Eigenschaften – hier in den Sprechblasen. Bestimmte Eigenschaften – hier rot und orange hervorgehoben – sind durch Regeln verknüpft.....	37
Abbildung 5:	Graphischer Überblick über den Aufbau der Kapitel und wichtigsten Abschnitte.....	38
Abbildung 6:	Modell des Mensch-Maschine-Systems (nach Bubb 1993 a, S. 306 u. S. 308, nach Bubb 1993 b, S. 364, sowie nach Rassl 2004, S. 4 f)...	40
Abbildung 7:	Systemergonomische Gestaltungsmaximen mit Details (nach Bubb 1993 c, S. 390 ff und Rassl 2004, S. 8 ff).....	42
Abbildung 8:	Kompatibilität am Beispiel eines Küchenherdes.....	45
Abbildung 9:	Sekundäre Inkompatibilität bei Drehschaltern.....	47
Abbildung 10:	Handlungsspielräume systemergonomischer Gestaltung (nach Bubb 1993 c, S. 416).....	48
Abbildung 11:	Schiebedachscharter in verschiedenen Fahrzeugen als Beispiele für ein Positionssystem mit Geschwindigkeitssteuerung (a) und ein Geschwindigkeitssystem mit Geschwindigkeitssteuerung (b).....	50
Abbildung 12:	Hierarchisch geschachtelte Regelkreise der primären Fahraufgabe (nach Bubb 1993 c, S. 406).....	54
Abbildung 13:	Gegenüberstellung der Einteilung der primären Fahraufgabe und der Rasmussen-Ebenen (nach Hale et al. 1990 zitiert nach Schweigert 2002, S. 24).....	58
Abbildung 14:	Symbol Telephonhörer und Symbol Blitz aus ISO 2575, S. 52. Der abgebildete Telephonhörer ist in der Realität kaum mehr vorhanden, funktioniert aber immer noch als Symbol. Ein Blitz steht auf einer Photokamera für einen Lichtblitz, auf vielen anderen Geräten für Elektrizität.....	61
Abbildung 15:	Gesetz der Nähe.....	62
Abbildung 16:	Gesetz der Ähnlichkeit.....	63
Abbildung 17:	Gesetz des glatten Verlaufs.....	63
Abbildung 18:	Gesetz der guten Gestalt und der Geschlossenheit.....	64
Abbildung 19:	Gesetz des gemeinsamen Schicksals.....	65
Abbildung 20:	Erfassungsschema für Positionen im Fahrzeug für die Analyse.....	75
Abbildung 21:	Bedienorte des Parkabstandswarners in den analysierten Fahrzeugen.....	77
Abbildung 22:	Nutzerfunktionen des Objekts „Scheinwerfer“	80
Abbildung 23:	Prioritätsklassen für Funktionen (nach Geiger 1998, S. 58).....	88
Abbildung 24:	Schema: Schadensausmaß über Zeitbudget (nach Lermer 2009, S. 8).....	91
Abbildung 25:	Abgrenzung von einzelnen Bedienelementen: Lenkstockhebel des Mercedes C von 2007 (a) und des BMW 7er von 2001 (c), Lautstärke-regler (b) und Temperaturregler (d) des BMW 5er von 2003.....	95

Abbildung 26: Bedienelemente mit unterschiedlichen Kombinationen aus Rast- und Schaltstellungen: a und c: Fensterheber und Fond-Luftausströmer des BMW 7er von 2001, b: Lichtschalter des BMW 1er von 2004, d und e: Scheibenwischerhebel und Gebläsesteller des BMW 5er von 1987.....	96
Abbildung 27: Symbole der Notation des mechanischen Verhaltens von Bedienelementen nach Kuijs (nach Kuijs 2008, S. 29 ff).....	98
Abbildung 28: Drehknebel (Gebläsesteller aus Abbildung 26 e) mit Notation des mechanischen Verhaltens nach Kuijs (Software-Screenshot aus Kuijs 2008).....	99
Abbildung 29: Symmetrische Drehsteller an Autoradios: a: Alfa Romeo 159 (seit 2005), b: Infiniti M (seit 2006, US-Modell).....	101
Abbildung 30: Bedienelemente in realen Fahrzeugen, die nicht zu den Bedienelemente-Typen aus der Literatur passen: a: iDrive Controller aus dem BMW 5er von 2003, b und c: Lichtschalter des Mercedes C von 2007 und des BMW 3ers von 1975, d: Spiegelverstellungsschalter des BMW 7er von 2001, e und f: Spiegelverstellungsschalter und Schiebedachschalter des Audi A6 von 2004.....	104
Abbildung 31: Gesamthäufigkeit der Bedienelemente-Typen bei der Analyse realer Fahrzeuge.....	105
Abbildung 32: Gesamthäufigkeit von Nutzerfunktionen vom Typ "Ein- und Ausschalten (dauerhaft)", die mit dem entsprechenden Baukasten-Bedienelement bedient werden.....	106
Abbildung 33: Verteilungen der Bedienelemente und der Bedienorte für die Nutzerfunktion „Abblendlicht“	107
Abbildung 34: Matrixdarstellung einer systematischen Variation von Eigenschaften am Beispiel der Bewegungsarten.....	109
Abbildung 35: Drehsteller mit Lichtindex (b) als Zwischenglied zwischen Drehsteller mit physischem Index (a) und Endlossteller ohne Index (c).....	117
Abbildung 36: Drehsteller und Schiebepfeiler (Fingerschieber) jeweils mit Lichtindex..	117
Abbildung 37: Semantik der Bedienelemente am Beispiel einer Halbwippe (St_039)..	119
Abbildung 38: Semantik der Bedienelemente am Beispiel eines drückbaren Rändelrades (St_069).....	119
Abbildung 39: Semantik der Bedienelemente am Beispiel eines Dreh-Kipp-Schalters (St_011).....	120
Abbildung 40: Ausschnitt aus dem Entscheidungsbaum für den Vergleich der Dimensionen der Nutzerfunktion mit den Freiheitsgraden des Bedienelements. Zu sehen sind die letzten drei von acht Entscheidungsebenen. Die im Beispiel unten durchlaufenen Zweige sind in diesen Ebenen orange markiert.....	126
Abbildung 41: Lichtschalter in den BMW 5ern von 1972 (a), 1981 (b), 1987 (c), 1995 (d) und 2003 (e).....	131
Abbildung 42: Optimales Bedienelement für die Fahrlicht-Funktionen.....	133
Abbildung 43: Verteilungen der Bedienelemente und der Bedienorte für die Nutzerfunktion „Lautstärke“	134

Abbildung 44: Optimales Bedienelement für die Lautstärke.....	136
Abbildung 45: Bildschirmsysteme von Mercedes (a), Acura (b), Audi (c) und Alfa Romeo (d).....	137
Abbildung 46: Matrixmenü (aus Mueller 2006, S. 174).....	138
Abbildung 47: Punktematrix ausgewählter Bedienelemente gegenüber den vier Auslegungen der Bildschirmbedienung (Dunkelblau = Platz eins, Hellblau = Platz zwei, Grau = Platz drei).....	140
Abbildung 48: Optimales Bedienelement für die Bedienung eines Bildschirmsystems	142
Abbildung 49: Optimales Bedienelement für Listenbedienung.....	145
Abbildung 50: Unterschiede zwischen situationsanalogen und kontaktanalogen Anzeigen (a, b und c sind Abbildungen der BMW AG, d aus Bubb, 1981, zitiert nach Ruehmann 1993 a, S. 431).....	150
Abbildung 51: Schematische Darstellung des Fahrzeuges und der Abstände zu umgebenden Objekten, bildhafte Parkabstandsanzeige.....	151
Abbildung 52: Analoge und digitale Anzeigen in der Instrumentenkombination eines Kraftfahrzeugs.....	153
Abbildung 53: Skalen- und zeigerfeste analoge Anzeigen in der Instrumentenkombination eines Citroën CX (aus Citroën Werbeprospekt 1984, Citroën 1984).....	154
Abbildung 54: Verschiedene Skalen mit Skalenmarkierungen und Bereichsanzeigen a und b: Kühlwasserthermometer des Audi A6 von 2004 und des BMW 3er von 1990, c und d: Drehzahlmesser des BMW Bracq Turbo von 1972 und des BMW 5er von 2003 (beim Drehzahlmesser des 5er kann sich der rote Bereich in seiner Schiene bewegen).....	155
Abbildung 55: Funktionsvereinigung bei Anzeigenelemente am Beispiel eines Tachometers.....	157
Abbildung 56: Mehrfachkodierung der Information "Limit überschritten".....	159
Abbildung 57: Anzeigenmatrix: Zuordnung von Modalitäten zu den Anzeigenklassen (aus Lerner 2010, S. 53).....	165
Abbildung 58: Anzeigenmatrix: Zuordnung von Anzeigenauslegungen zu den Anzeigenklassen (aus Lerner 2009, S. 9).....	165
Abbildung 59: Nutzung der Anzeigenmatrix zur Festlegung von Anzeigenprioritäten... ..	167
Abbildung 60: Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen: Rundinstrumente (a, b, c), Kontrollleuchten (d, e, f), Balkenanzeigen (g, h, i) und Leuchtsymbole (j, k, l).....	170
Abbildung 61: Tachometer in verschiedenen Fahrzeugen: a: historische Tachometer, b - f: Tachometer der Citroën DS von 1955, des BMW Bracq Turbo von 1972, des BMW 5er von 1981, des BMW 7er von 2001 und des BMW 5er von 2003.....	180
Abbildung 62: Ortsklassen im Fahrzeugcockpit.....	185
Abbildung 63: Bedienwege der Hände ausgehend von der Ruhelage am Lenkrad mit den Handwegklassen 1 bis 5.....	188
Abbildung 64: Entfernung vom Zentrum des Blickfeldes des Fahrers mit überblendeter, virtueller Cockpitansicht aus Mecking 2004, S. 8 ff, mit den Sichtklassen 1 bis 4.....	189

Abbildung 65: Kopfnickbewegung ausgehend von der Oberkante des Armaturenbretts mit den Kopfbewegungsklassen 1 bis 4.....	190
Abbildung 66: Zugriff durch Fahrer und Beifahrer mit den gleichnamigen Benutzerklassen.....	191
Abbildung 67: Matrix zur "Härte" bei der Verfolgung der systemergonomischen Ziele.	195
Abbildung 68: Sortierfeld für Sortierexperiment, initialer Zustand.....	200
Abbildung 69: Sortierfeld für Sortierexperiment, sortierter Zustand.....	200
Abbildung 70: Ausschnitt aus einer zweidimensionalen Ergebnis der nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung.....	203
Abbildung 71: Ausschnitt aus dem Dendrogramm als Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse.....	203
Abbildung 72: Ergebnis des absoluten Ortes nach Häufigkeit und Wichtigkeit.....	207
Abbildung 73: Ergebnis des gewohnten absoluten Ortes und damit der gewohnten Gruppierung.....	208
Abbildung 74: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des anwendungsfallorientierten Ähnlichkeitsmaßes über 90 Nutzerfunktionen.....	209
Abbildung 75: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des geräteorientierten Ähnlichkeitsmaßes über 90 Nutzerfunktionen.....	209
Abbildung 76: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des Sortierexperiments über 90 Nutzerfunktionen.....	210
Abbildung 77: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der anwendungsfallorientierten Ähnlichkeit mit 300 Nutzerfunktionen.....	212
Abbildung 78: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der geräteorientierten Ähnlichkeit mit 300 Nutzerfunktionen.....	212
Abbildung 79: Beispiele für ungewöhnliche Bedienorte und anwendungsfallorientierte Gruppierung: a: Bediensatelliten des Citroën CX ab 1974 (Citroën 1984), b und c: Bedieninseln „Sicht“ und „Parken“ des BMW 8er von 1989, d: Bedieninsel „Anthropometrie“ des Chrysler Pacifica von 2003.....	214
Abbildung 80: Ortsverteilung von Bedien- und Anzeigenelementen in den analysierten realen Fahrzeugen.....	216
Abbildung 81: Bedienfeld der Gruppe „Audio“ mit den Funktionen Lautstärke, CD-Auswurf, Audioquellenwahl und der Auswahl aus hier acht gespeicherten Sendern.....	223
Abbildung 82: Bedienfeld der Gruppe „Abtauen“ mit der Frontscheibenabtauung und der Heckscheibenheizung.....	223
Abbildung 83: Bedienfeld der Gruppe „Sitzkomfort“, enthält die Sitzheizung und -lüftung, hier zu einem gemeinsamen Kontinuum zusammengefasst, die Sitzmassage und die Lenkradheizung.....	224
Abbildung 84: Bedienfeld der Gruppe "Anthropometrie", enthält die Sitz-, Lenkrad und Spiegelverstellung sowie die Abspeicherung dieser Einstellungen.	225
Abbildung 85: Flussdiagramm des Algorithmus der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements.....	255
Abbildung 86: Graphische Gegenüberstellung der Eigenschaften von Nutzerfunktionen und Bedienelementen.....	256

Abbildung 87: Entscheidungsbaum für den Vergleich der Dimensionen der Nutzerfunktion mit den Freiheitsgraden des Bedienelements.....	261
Abbildung 88: Graphische Gegenüberstellung der Eigenschaften von Nutzerfunktionen und Anzeigenelementen.....	276
Abbildung 89: Zweidimensionales Ergebnis der nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung.....	286
Abbildung 90: Dendrogramm als Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse.....	287
Abbildung 91: Flussdiagramm des Algorithmus zur Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes.....	288
Abbildung 92: Vergleich der drei Dendrogramme über 90 Nutzerfunktionen, links anwendungsfallorientierte, in der Mitte geräteorientierte und rechts empirische Ähnlichkeit.....	289
Abbildung 93: Vergleich der beiden Dendrogramme mit 300 Nutzerfunktionen, links anwendungsfall-, rechts geräteorientierte Ähnlichkeit.....	290

Wenn nicht anders ausgewiesen, handelt es sich bei allen Abbildungen um vom Autor selbst erstellte Graphiken beziehungsweise Photographien.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Innere Kompatibilität, Stereotypen (nach Schmidtke 1993, S. 542).....	46
Tabelle 2:	Fahraufgabeneinteilung.....	56
Tabelle 3:	Farbkombinationen für Zeichen und Hintergrund (nach DIN EN ISO 15008, S. 12).....	59
Tabelle 4:	Schriftzeichenhöhe (nach DIN EN ISO 15008, S. 13).....	60
Tabelle 5:	Strukturierte Auflistung aller erfassten Kriterien bei der Analyse realer Fahrzeuge.....	68
Tabelle 6:	Auszug aus der Stellteilliste für die Analyse realer Fahrzeuge.....	72
Tabelle 7:	Strukturierte Auflistung aller erfassten Kriterien der Funktionsanalyse.....	82
Tabelle 8:	Kontinuierlichkeit von Bedienelementen (nach Boff & Lincoln 1988, zitiert nach Niedermaier 2003, S. 22).....	100
Tabelle 9:	Auszug aus den Elementen des Bedienelemente-Baukastens.....	110
Tabelle 10:	Strukturierte Auflistung aller Merkmale der Bedienelement-Stereotypen des Baukastens.....	112
Tabelle 11:	Stellteilauswahl für kontinuierliche und diskrete Funktionen (nach Rüh- mann 1993 b, S. 555).....	124
Tabelle 12:	Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Bedienelement. .	125
Tabelle 13:	Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Bedienelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung.....	129
Tabelle 14:	Auszug aus der Ergebnismatrix des optimalen Bedienelements (Dun- kelblau = Platz eins, Hellblau = Platz zwei, Grau = Platz drei).....	130
Tabelle 15:	Häufigkeiten realer Bedienelemente als Lichtschalter.....	132
Tabelle 16:	Optimales Bedienelement als Lichtschalter.....	132
Tabelle 17:	Häufigkeiten realer Bedienelemente und optimales Bedienelement als Lautstärkenregler.....	135
Tabelle 18:	Optimales Bedienelement für Bildschirmbedienung.....	139
Tabelle 19:	Optimales Bedienelement für Listenbedienung.....	143
Tabelle 20:	Auszug aus den möglichen Kodierungen von Information, basierend auf Anhang C der DIN EN 60073 (DIN EN 60073, S. 25 ff).....	168
Tabelle 21:	Auszug aus den Elementen des Anzeigen-Baukastens.....	172
Tabelle 22:	Strukturierte Auflistung aller Merkmale der Anzeigen-Stereotypen des Baukastens.....	173
Tabelle 23:	Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Anzeigenele- ment.....	176
Tabelle 24:	Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Anzeigenele- ment mit vergebenen Punkten und Gewichtung.....	177
Tabelle 25:	Anwendungsbereiche für Analog- und Digital-Anzeigen nach Baker und Grether, zitiert nach Bernotat 1993, S. 564.....	179
Tabelle 26:	Auszug aus den Ortsklassen.....	185
Tabelle 27:	Auszug aus den Eigenschaften der Ortsklassen.....	192
Tabelle 28:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienort.....	192
Tabelle 29:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigeort.....	193

Tabelle 30:	Eigenschaftskombination ohne passende Ortsklassen und Maßnahmen zur Abhilfe.....	193
Tabelle 31:	Beispielhafte Distanzmatrix.....	201
Tabelle 32:	Statistische Daten der Versuchspersonen im Sortierexperiment.....	201
Tabelle 33:	Für das Ähnlichkeitsmaß relevante Funktionseigenschaften inklusive Gewichtung.....	205
Tabelle 34:	Auszug aus dem Gesamtergebnis: Gewohntes und optimales Bedienelement, sowie gewohnter, optimaler relativer und optimaler absoluter Bedienort für jede Nutzerfunktion.....	220
Tabelle 35:	Funktionsliste.....	237
Tabelle 36:	Stellteilliste für die Analyse realer Fahrzeuge.....	246
Tabelle 37:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienelement.....	257
Tabelle 38:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung.....	259
Tabelle 39:	Elemente des Bedienelemente-Baukastens.....	262
Tabelle 40:	Alle möglichen Kodierungen von Information, basierend auf Anhang C der DIN EN 60073 (DIN EN 60073, S. 25 ff).....	272
Tabelle 41:	Elemente des Anzeigen-Baukastens.....	274
Tabelle 42:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement. .	277
Tabelle 43:	Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung.....	279
Tabelle 44:	Liste aller Ortsklassen.....	280
Tabelle 45:	Eigenschaften aller Ortsklassen.....	282
Tabelle 46:	Liste der Begriffe des Sortierexperiments.....	283
Tabelle 47:	Gesamtergebnis: Gewohntes und optimales Bedienelement, sowie gewohnter, optimaler relativer und optimaler absoluter Bedienort für jede Nutzerfunktion.....	291

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ABK	Anzeige- und Bedienkonzept, häufig synonym für MMS oder Benutzerschnittstelle
ABS	Antiblockiersystem, verhindert das Blockieren der Räder beim Bremsen
ACC	Active Cruise Control, Geschwindigkeits- und Abstandsregelsystem
AM	Amplitudenmodulation, Methode der Funkübertragung, bei der die Amplitude des Nutzsignals der des Trägersignals aufaddiert wird. Ein Standard im Rundfunkbereich.
AN	Anzeigenelement (nur in dieser Arbeit)
BE	Bedienelement (nur in dieser Arbeit)
CAD	Computer Aided Design, in der Regel mithilfe von Software zum Entwurf und zur Konstruktion elektronischer und mechanischer Bauteile in einem virtuellen, dreidimensionalen Raum.
DSC	Dynamic Stability Control, alternativer Herstellername für ESC
ESC	Electronic Stability Control, Fahrdynamikregelung, die das Fahrzeug in der Fahrspur durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder stabilisiert
ESP	Elektrisches Stabilitäts-Programm, alternativer Herstellername für ESC
FAS	Fahrerassistenzsystem, in der Regel komplexes System, das den Fahrer bei den Teilgebieten der primären Fahraufgabe unterstützt oder sogar Teilaufgaben abnimmt, meist durch Warnungen vor Kollisionen.
FM	Frequenzmodulation, Methode der Funkübertragung, bei der die Frequenz des Nutzsignals der Frequenz des Trägersignals aufaddiert wird. Ein Standard im Rundfunkbereich.
GPS	Global Positioning System, satellitengestütztes System zur Bestimmung der Position auf der Erdoberfläche, im zivilen Bereich hauptsächlich genutzt für Navigationssysteme
HCA	Hierarchische Clusteranalyse, eine statistische Methode
HDD	HeadDown-Display, Anzeigenelement, dessen Betrachtung eine Neigung des Kopfes voraussetzt, meist die Instrumentenkombination.
HMI	Human-Machine-Interface, im Grunde engl. für MMS
HUD	HeadUp-Display, in die Windschutzscheibe eingespiegeltes, halbtransparentes Anzeigebild, das bei Blick auf die Straße ohne Kopfeigung sichtbar ist.
LCD	Liquid Crystal Display, Flüssigkristallanzeige, basiert auf Flüssigkristallen, die unter Einfluss eines elektrischen Feldes die Polarisationsrichtung von Licht beeinflussen.
LED	Light Emitting Diode, Licht aussendende Diode oder auch Leuchtdiode, basiert auf Halbleiter-Material, das bei Stromdurchfluss Licht aussendet.
MMI	Man-Machine-Interface, im Grunde engl. für MMS, häufig benutzt als Synonym für Bildschirmbediensysteme
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
NMDS	Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung, eine statistische Methode
PIM	Personal Information Management, umfasst im Allgemeinen die Bereiche Kalender, Adressbuch, Aufgaben und Notizen, häufig in Zusammenhang mit Software oder Geräten, die das Management dieser Daten übernehmen
PKW	Personenkraftwagen, Automobil
VFD	Vacuum Fluorescent Display, Vakuum Fluoreszenz Anzeige, basiert auf Material, das bei Elektronenbeschuss Licht aussendet.
VSC	Vehicle Stability Control, alternativer Herstellername für ESC

"Gerade weil so viele Laien ein Todeswerkzeug unter ihrem Hintern haben,
muss man sehr genau im Vorfeld prüfen,
was mehr Konfusion erzeugt als Erleichterung bringt."

Prof. Dr. phil. habil. Dr.-Ing. Birgit Spanner-Ulmer, 2006

1 Einleitung und Zielsetzung

Die meisten Dissertationen im Bereich der Systemergonomie beginnen mit der Feststellung, dass die Anzahl der Funktionen in Kraftfahrzeugen – insbesondere der Funktionen, die nichts mit der Fahraufgabe direkt zu tun haben – explosionsartig steigt und voraussichtlich weiter steigen wird. Obwohl das natürlich richtig ist, will sich diese Arbeit nicht mit einem Bildschirmsystem befassen, wie es heute in vielen Fahrzeugen fast aller Hersteller eingebaut wird, sondern – viel grundlegender – mit den Bedienelementen für Funktionen, die heute und vermutlich auch in naher Zukunft direkt bedient werden.

Im Folgenden soll zunächst kurz erklärt werden, was die Auseinandersetzung mit den Grundlagen und damit diese Arbeit motiviert hat. Danach werden die Ziele der Arbeit formuliert und der weitere Aufbau beschrieben.

1.1 Motivation

Motiviert wird diese Arbeit hauptsächlich durch die Beobachtung, dass es zwar einen großen Umfang an Erkenntnissen über Mensch-Maschine-Schnittstellen, deren Gestaltung und Wirkung auf den Menschen und über den Menschen selbst im Umgang mit seiner Umgebung gibt, dass aber gleichzeitig kaum ein Produkt – egal welcher Branche oder Herkunft – auf dem Markt existiert, das konsequent alle Gestaltungsregeln der Benutzerfreundlichkeit befolgt. Selbst bei Herstellern, die sich die Benutzerfreundlichkeit auf die Fahnen schreiben, lässt sich sehr häufig die Missachtung sehr einfacher Grundregeln feststellen. In wenigen Fällen ist erkennbar, dass dies eine bewusste Entscheidung aufgrund eines Zielkonflikts war, oft aber wird der Eindruck gewonnen, dass die Regeln schlicht und einfach vergessen wurden oder dem konkreten Konstrukteur von vornherein nicht bekannt waren.

Ein Beispiel hierfür zeigt Abbildung 1: Zu sehen sind die mittleren Luftauslässe verschiedener PKW, des BMW 7er von 2001 (a), des BMW 7er von 2008 (b), des VW Polo IV von 2001 (c) und des VW Polo V von 2009 (d). Interessant sind vor allem die Rändelräder, die den Luftstrom einstellen. Bei Abbildung 1 a und c ist zu sehen, dass der Luftstrom durch Drehen nach unten

erhöht und durch Drehen nach oben verringert beziehungsweise abgeschlossen wird. Dies widerspricht der allgemein gültigen Konvention, dass Drehrichtungen nach oben, rechts oder im Uhrzeigersinn stets die eingestellte Größe erhöhen, was dem inneren Modell der meisten Menschen entspricht (siehe Bubb 1993 c, S. 416f; Schmidtke 1993, S. 540 ff; Bullinger 1997, S. 725f; Goetz 2007, S. 17; DIN EN 60447, S. 18 ff). Mehr zu den Konventionen der Kompatibilität wird in Kapitel 2.1.2.3 erklärt. Beim 7er von 2001 (a) lässt sich die Umkehrung mit der Funktionsvereinigung erklären, der die Kompatibilität offenbar untergeordnet wird: Das Rändelrad bedient neben dem Luftstrom auch die Neigung der Auslasslamellen, deren Mechanik hier anscheinend nur diese Bedienrichtung zulässt. Beim Polo von 2001 (c) ist kein Grund erkennbar.

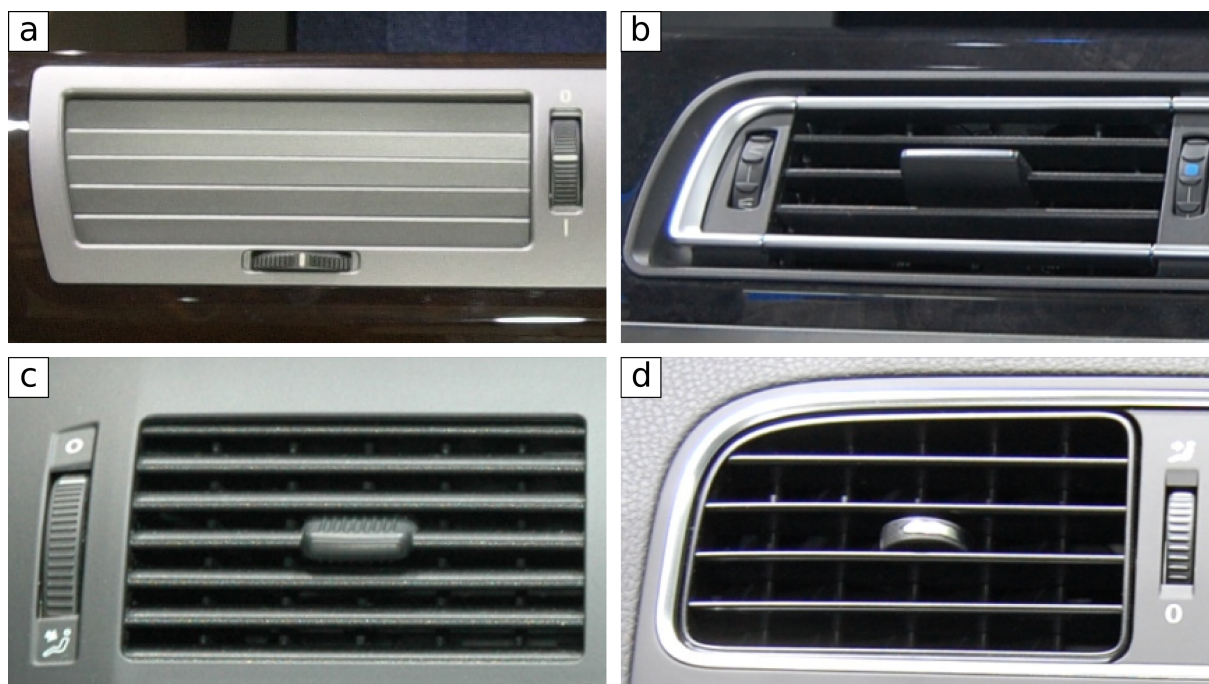


Abbildung 1: Luftauslässe in Armaturenbrettern verschiedener PKW

Bei Abbildung 1 b ist zu sehen, dass die Skala auf das Rändelrad gedruckt ist statt daneben. Dies widerspricht der Regel der sekundären Kompatibilität, so dass die Drehrichtung, die zum Ziel führt, erst durch einen zusätzlichen Überlegungsschritt verständlich wird (siehe Bubb 1993 c, S. 417; Goetz 2007, S. 17 ff). Auch hier liegt eine Funktionsvereinigung vor: Das Rändelrad steuert gleichzeitig die Luftstromstärke und die Luftstreuung. Dies ist allerdings kein Grund für die Position der Skala.

Die Auslegung in Abbildung 1 d ist die einzige, die alle Regeln der Kompatibilität einhält: Auf dem Rändelrad befindet sich nur ein Indexstrich, die Skalenbeschriftung ist auf der umgebenden Oberfläche. Die Betätigung nach oben erhöht den Luftstrom, die Betätigung nach unten verringert ihn.

Dieses kleine Beispiel zeigt, dass selbst so einfache und allgemein bekannte Regeln wie die Kompatibilität, deren Anwendung bei der Konstruktion in der Regel weder zusätzliche Kosten noch sonstige Nachteile mit sich bringt, auch bei weniger komplexen und im Grunde etablierten Funktionen schlichtweg „vergessen“ werden. Es ist anzunehmen, dass in den meisten Fällen keine bewusste Entscheidung gegen die Regel vorliegt, sondern tatsächliche Unkenntnis. Eine eigentlich bekannte Regel wird einfach nicht „bedacht“. Vielleicht war es sogar beim Vorgänger-

produkt richtig, bei der Konstruktion des Nachfolgers war aber nicht mehr bekannt, warum bestimmte Dinge so oder so gestaltet sind.

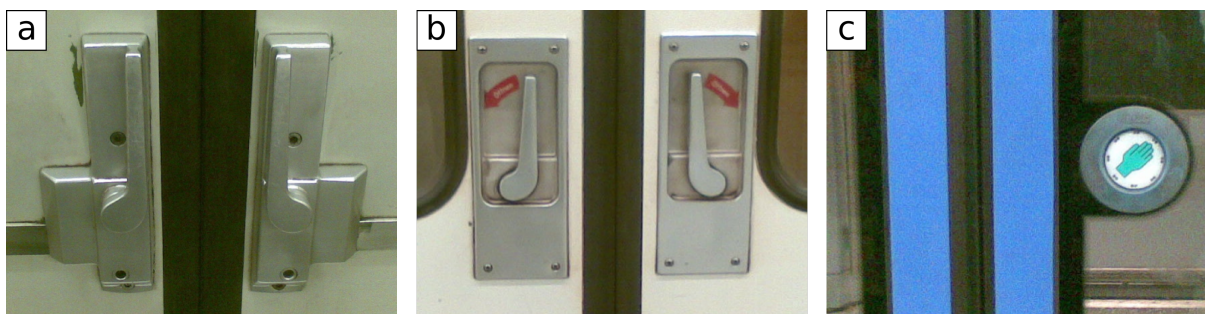


Abbildung 2: Türöffner bei den drei Generationen der Münchner U-Bahn-Züge

Ein weiteres Beispiel soll die Motivation dieser Arbeit verdeutlichen. Abbildung 2 zeigt die Bedienelemente zur Türöffnung bei den drei Generationen der Münchner U-Bahn-Züge – von links nach rechts Typ A ab 1971 (a), Typ B ab 1981 (b) und Typ C ab 2000 (c). Man sieht, dass sich das Konzept von der ersten (a) zur zweiten Generation (b) kaum geändert hat: Es handelt sich um Hebel, deren Berührflächen und Drehpunkte deutlich erkennbar sind und deren Bedienrichtung der Bewegungsrichtung des bedienten Objekts – der Tür – entspricht. In der zweiten Generation kam noch die Beschriftung „Öffnen“ hinzu.

Die dritte Generation (c) jedoch verzichtet auf bewegliche Bedienelemente und bietet stattdessen nur eine berührungssensitive Fläche mit einem Kranz aus roten und grünen LED und einer grünen Hand als Beschriftung. Die grünen LED zeigen dabei die Bereitschaft zur Berührung an, die roten belehren den Passagier, dass seine Bedienhandlung nicht akzeptiert wurde, falls er sie während der Fahrt auslöst. Das Symbol soll offenbar aussagen, dass man das Bedienelement – wie fast alle Bedienelemente – mit der Hand bedient. Dass jedoch die Tür das bediente Objekt ist, wird nur durch die Anbringung auf der Tür in der Nähe des Türspalts klar.

Häufig kann man in Münchner U-Bahnen der dritten Generation Fahrgäste beobachten, die ihren Ausstiegswunsch durch energisches und oft wiederholtes Tippen Ausdruck verleihen, bis sich die Tür tatsächlich öffnet, nachdem sie vom Schaffner freigegeben worden ist. Der Vergleich der U-Bahn Bedienelemente und der enorme Verlust an semantischer Aussagekraft, den sie im Generationswechsel erleiden, zeigt sehr deutlich einen Trend, der auch in der Automobilindustrie stark ausgeprägt ist, nämlich eine Verschlechterung der zum Teil beim Vorgängerprodukt vorhandenen Benutzerfreundlichkeit um Design und Technologie willen.

Besonders die Berührungstechnologie wird – getrieben unter anderem durch eine wohl eher emotional erklärbare Euphorie um das Apple iPhone – seit dessen Erscheinen als Innovation propagiert, obwohl ihre Nutzung im Fahrzeug wie auch in vielen anderen Einsatzgebieten in der Regel nur den Vorteil mit sich bringt, dass kein eigenes Bedienelement für die Menübedienung mehr nötig ist. Dabei werden spürbare Nachteile bei der Benutzerfreundlichkeit und auch bei der anthropometrischen Auslegung in Kauf genommen, wie später noch aufgezeigt wird (Abschnitt „Bildschirmbedienung“ auf Seite 136).

1.2 Wissenschaftliche Zielsetzung

Aus den beschriebenen Beispielen lässt sich die Notwendigkeit dafür erkennen, einen Baukasten für Bedienelemente zu erstellen, der die für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Verfügung stehenden Bedienelemente systematisiert, abhängig von der bedienten Funktion das passende Bedienelement vorschlägt und zusätzlich Gestaltungsrichtlinien anbietet. In dieser Arbeit wird dabei der Fokus auf den Kontext des Kraftfahrzeugs gelegt. Eine theoretische Ausdehnung der Erkenntnisse auf andere Lebensbereiche ist durchaus denkbar, die hier angestellten Untersuchungen und Überlegungen konzentrieren sich aber auf das Fahrzeugcockpit.

Eine weitere, hier zu treffende Einschränkung ist, dass diese Arbeit sich nicht mit dem Fahren selbst befasst, sondern mit allen Nebenaufgaben, die im Fahrzeugcockpit anfallen, und die sich somit in der Regel während der Fahrt abspielen. Mit der systemergonomischen Sicht auf das Fahren hat sich beispielsweise Eckstein (Eckstein 2000) intensiv auseinandergesetzt, daher sei zur Vertiefung dieses Themas auf jene Arbeit verwiesen.

Def.: Unter einem Baukasten versteht man ein Kombinationssystem von Bauteilen und Baugruppen zur Generierung von Produkten mit unterschiedlicher Gesamtfunktion. (Ehrlenspiel 2007, S. 680 ff)

Die Bauteile sind dabei die Bedien- und Anzeigenelemente. Sie lassen sich unterschiedlich kombinieren und an verschiedenen Stellen einbauen – das Ziel ist es aber freilich, ein systemergonomisches Optimum zu erzielen. Im wissenschaftlichen Sinne kann folgende, zentrale These für den Bedienelemente-Baukasten formuliert werden:

Unter Berücksichtigung aller bekannten systemergonomischen und gestalterischen Regeln lässt sich für jede im Fahrzeug bedienbare Funktion ein optimales Bedienelement und ein optimaler Bedienort festlegen.

Ein zusätzliches Ziel des Bedienelemente-Baukastens ist es, die im Baukasten enthaltenen Bedienelemente so auszugestalten, dass sie dem Benutzer allein durch die Gestalt ihre Berührfläche, ihre Bewegungsfreiheitsgrade und im Idealfall auch ihre Funktion vermitteln. Thesen und Ziele lassen sich auch als drei Fragen formulieren – wie in Abbildung 3 plakativ dargestellt:

1. **Wo?**
An welcher Stelle des Fahrzeuginnenraums sollte eine Nutzerfunktion idealerweise bedient werden?
2. **Womit?**
Mit welchem Bedienelement sollte die Nutzerfunktion idealerweise bedient werden?
3. **Wie genau?**
Wie muss das Bedienelement aussehen, damit es vom Benutzer optimal bedient werden kann?

Die Beantwortung dieser drei Fragen stellen sich der Bedienelemente-Baukasten und damit diese Arbeit zur Aufgabe. Ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu diesen Antworten ist die Systematisierung aller beteiligten Komponenten. Für Funktionen, Bedienelemente und Anzeigenelemente sowie für Bedienorte sollen geeignete Klassifizierungsschemata gefunden werden, um zu vereinheitlichen und dadurch zu vereinfachen. Es wird also für eine einzelne Nutzerfunktion einen idealen Bedienelementetyp geben, der theoretisch durch viele unterschiedliche, reale Bedienelemente beziehungsweise deren unterschiedliche technische Ausführungen dargestellt werden kann, der aber dennoch eine systemergonomisch optimale Gestalt besitzt.

Weitere Fragen an diese Arbeit beziehungsweise an den Baukasten ergeben sich dadurch, dass sie im industriellen Rahmen bei der BMW Group angefertigt wird. Die Abteilung für Anzeige und Bedienung bei BMW hat hier den Anspruch, über die Baureihen und Fahrzeuggenerationen hinweg eine gewisse Einheit und Konstanz zu etablieren. Eine der wichtigen Fragen ist dabei: „Wie viele Möglichkeiten gibt es, etwas ein und aus zu schalten und warum?“¹ Einheit und Konstanz ergeben sich dabei zwangsläufig aus der oben formulierten, zentralen These, denn ein einmal gefundenes Optimum könnte und sollte beibehalten werden, solange sich die Umstände nicht ändern.

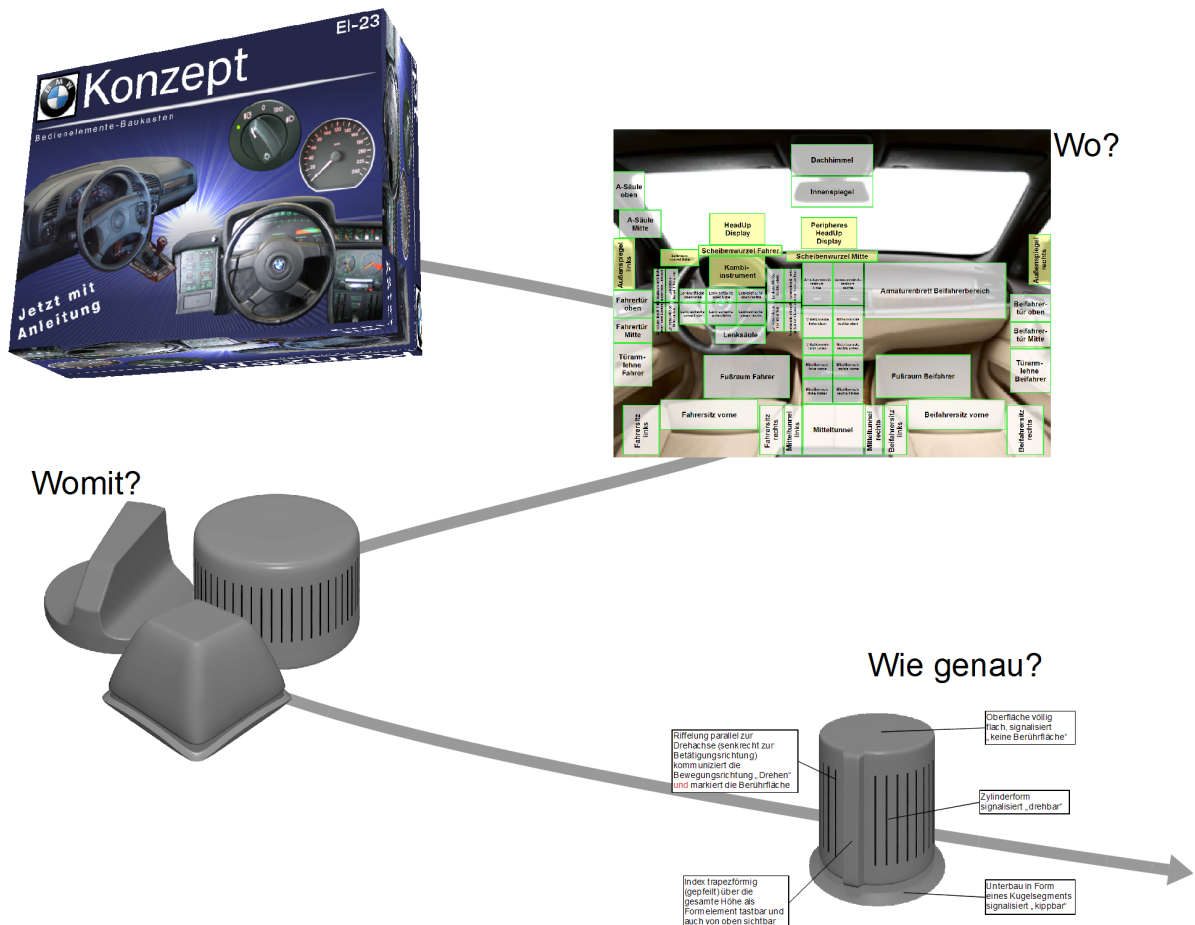


Abbildung 3: Fragen an den Bedienelemente-Baukasten

Des Weiteren soll diese Arbeit – während ihrer Entstehung wie durch ihr Ergebnis – den Prozess der Konzeptentwicklung unterstützen, indem sie das genannte Optimum und die Gründe dafür liefert, sowie weitere Gestaltungsrichtlinien anbietet. Die systematische Sammlung von Bedienelementen im Baukasten ist dabei zunächst nur ein Katalog für die Entwickler des Bedienkonzeptes, die Empfehlung des Optimums aber kann Entscheidungen erleichtern und beschleunigen. Der Fund des optimalen Bedienelements für eine Funktion ist damit auch für die BMW Group von herausragender Bedeutung und das ist letztendlich der Grund dafür, dass diese Arbeit im industriellen Umfeld angefertigt wird.

1 Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 2. August 2007

1.3 Grundgedanke

Der Kerngedanke der Methode zum Fund des postulierten Optimums ist die Verknüpfung von Eigenschaften durch Regeln. Diese Regeln sind die Erkenntnisse der Systemergonomie (siehe Kapitel 2), welche letztlich alle das gemeinsame Ziel haben, den mentalen Aufwand bei der Benutzung einer Maschine oder eines Geräts so weit wie möglich zu minimieren.² Die durch jene Regeln verknüpften Eigenschaften der an der Mensch-Maschine-Schnittstelle beteiligten Komponenten zeigen sich durch die bereits angesprochene Systematisierung und Kategorisierung im Baukasten. Ohne der Methodenbeschreibung in Kapitel 5.5 zu stark vorzugreifen sei hier folgendes Beispiel genannt.

Eine wichtige Regel der Systemergonomie ist die Kompatibilität (siehe Kapitel 2.1.2.3). Sie besagt im Wesentlichen, dass die Bewegungsrichtung eines Bedienelements dieselbe sein soll, wie die durch diese Bedienhandlung bewirkte Bewegungsrichtung der Maschine oder des Maschinenteils. Angewandt auf Anzeigen bedeutet sie, dass beispielsweise ein Zeiger, der die Bewegung der Maschine anzeigt, ebenfalls in derselben Bewegungsrichtung ausgelenkt werden sollte. Die relevante Eigenschaft ist hier also bei jeder Komponente die Bewegungsrichtung. Daher muss zur Anwendung der Regel genau diese Eigenschaft erfasst werden.

Die Abbildung 4 verdeutlicht dieses Prinzip graphisch: Die Sprechblasen der drei Hauptkomponenten enthalten deren Eigenschaften, die hier im Detail noch nicht von Belang sind. Aufgrund des Regelwerks sind bestimmte Eigenschaften miteinander verknüpft, hier dargestellt durch farbige Markierung. Im Beispiel der Kompatibilität ist das bei allen drei Komponenten die Eigenschaft „Bewegungsrichtung“. Es kann dabei systemergonomische Regeln geben, die Anzeigen – hier rot – oder die Bedienelemente – hier orange – betreffen.

Ein entscheidender Faktor der Systematisierung im Baukasten ist, dass gemäß der zentralen These (siehe Kapitel 1.2) alle Regeln bekannt sind und bei der Suche nach dem Optimum angewandt werden. Das gefundene Optimum ist nur dann gültig, wenn kein Aspekt vergessen werden kann. Genau das soll die in dieser Arbeit entwickelte Methode gewährleisten.

Es sei jedoch hinzugefügt, dass diese Methode zwar die beschriebenen Optima bestimmen kann, aber kein fertiges Anzeige- und Bedienkonzept oder gar ein fertiges Fahrzeugcockpit hervorbringt. Vielmehr ist der Bedienelemente-Baukasten ein Werkzeug im Entwicklungsprozess von vielen weiteren, sowohl systemergonomischen als auch anderer Fakultäten. Beispielsweise wird in dieser Arbeit keine Aussage darüber gemacht, wie und welche Funktionen sich in einem Menüsystem zusammenfassen lassen, um mit dem begrenzten Platz in einem Armaturenräger auszukommen. Ebenso werden hier ästhetische oder konstruktive Aspekte der Fahrzeugentwicklung nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind also nur für einen von vielen Schritten im Entwicklungsprozess einer Maschine oder eines Fahrzeugs wichtig, können dort aber dafür sehr nützlich sein.

2 Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 3. Februar 2012

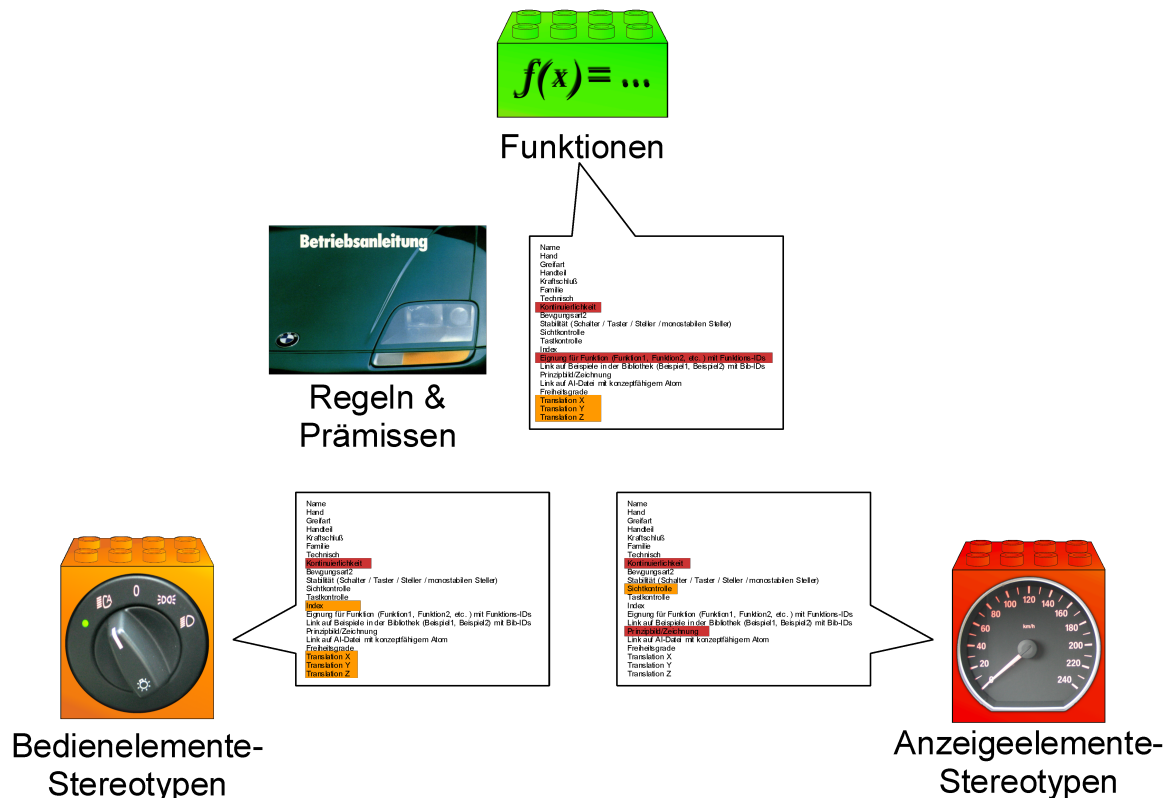


Abbildung 4: Grundgedanke zum Fund des optimalen Bedien- und Anzeigeelements: Alle Komponenten haben Eigenschaften – hier in den Sprechblasen. Bestimmte Eigenschaften – hier rot und orange hervorgehoben – sind durch Regeln verknüpft.

1.4 Aufbau der Arbeit

Im Kapitel 2 werden theoretische Grundlagen der systemergonomischen Entwicklung in dieser Arbeit behandelt, auf denen die weiteren Kapitel aufsetzen. Dabei wird zunächst ausschließlich die allgemeine Theorie betrachtet – Überlegungen, die konkret die vier Hauptkomponenten Nutzerfunktionen, Bedienelemente, Anzeigeelemente und Bedienorte betreffen, finden sich innerhalb des jeweiligen Kapitels über eine der Komponenten. Zuvor beschreibt Kapitel 3 die Analyse realer Kraftfahrzeuge als empirische Grundlage des Weiteren Vorgehens.

Aufbauend auf theoretischen und empirischen Grundlagen befassen sich die anschließenden vier Kapitel mit den vier Hauptkomponenten des Anzeige- und Bedienkonzeptes: Zunächst werden in Kapitel 4 die Nutzerfunktionen als Basis der weiteren Arbeit ausgiebig analysiert. Dabei wird im Besonderen auf die Klassifikation der Funktionen eingegangen.

Im Anschluss werden in Kapitel 5 die Bedienelemente eingehend betrachtet. Es enthält die Aufstellung des Bedienelemente-Baukastens aus Literaturrecherche, systematischer Entwicklung und den Ergebnissen aus Kapitel 3. Zusätzlich werden die Semantik der Bedienelemente und die unter diesem Aspekt optimale Gestaltung besprochen. Außerdem wird hier die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements für eine einzelne Nutzerfunktion entwickelt.

Es folgen in Kapitel 6 die Anzeigenelemente, welche speziell auf ihre Eignung als Warnung oder Informationsanzeige hin, sowie auf ihre Informationskodierung untersucht werden. Es wird ebenfalls ein Baukasten aufgestellt und die Anzeigenauslegung behandelt. Auch die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements wird für Anzeigenelemente adaptiert.

Schließlich werden in Kapitel 7 die Orte im Fahrzeugcockpit besprochen, an denen Bedien- und Anzeigenelemente platziert werden. Dabei wird zwischen dem absoluten Ort und dem relativen, also der Gruppierung von Funktionen, unterschieden. Für beide werden Methoden zum Fund des Optimums betrachtet. Den Abschluss bilden mit Kapitel 8 eine Zusammenfassung des Gesamtergebnisses und ein Ausblick in Kapitel 9. Abbildung 5 zeigt zur Verdeutlichung der Struktur einen graphischen Überblick über den eben beschriebenen Aufbau.

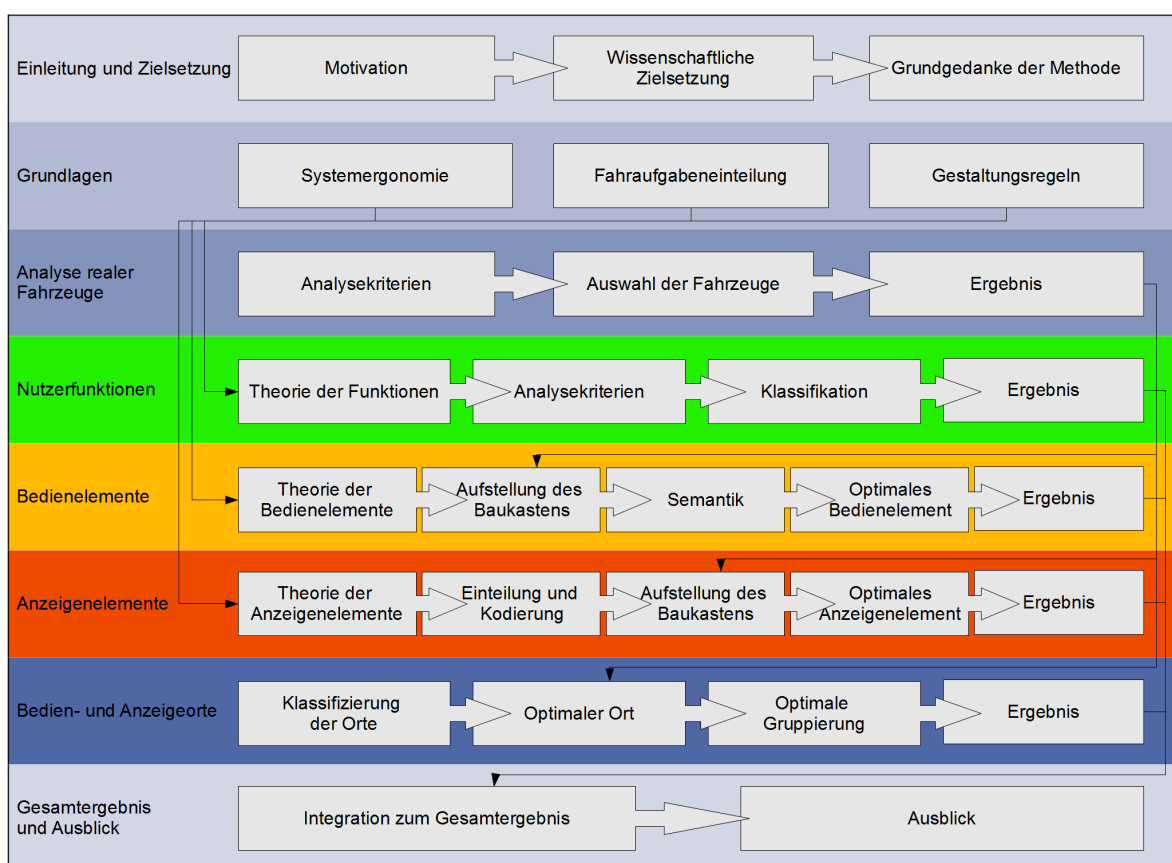


Abbildung 5: Graphischer Überblick über den Aufbau der Kapitel und wichtigsten Abschnitte.

2 Grundlagen

Die theoretischen Grundlagen und -begriffe, auf denen diese Arbeit aufsetzt, sollen in diesem Kapitel aufgeführt und erklärt werden. Dabei kann freilich nur ein Schlaglicht auf die konkret verwandten Theorien geworfen werden, für tieferen Erkenntnisgewinn im gesamten Bereich des Wissenschaftsfeldes Systemergonomie sind die zitierten Quellen zu Rate zu ziehen.

Zunächst sei hier der Begriff der Ergonomie selbst erklärt: Sie ist die Lehre von der menschlichen Arbeit, oft auch Arbeitswissenschaft genannt. Der Name Ergonomie setzt sich zusammen aus den griechischen Worten für „Arbeit“ (ἔργον = ergon) und „Regel“ beziehungsweise „Gesetz“ (νόμος = nomos). Auch wenn hier also dem Wortsinn nach nur die Betrachtung der Arbeitsbedingungen des Menschen gemeint ist – wobei bereits zwischen dem Arbeitsablauf (Produktionsergonomie) und dem Arbeitsmittel (Produktergonomie) unterschieden werden kann – so erstreckt sich die Ergonomie längst auch auf Verbraucherprodukte, wie eben beispielsweise Personenkraftwagen.

Unterschieden werden im Wesentlichen die beiden Hauptgebiete **Anthropometrie**, welche sich dem Namen nach mit der „Vermessung“ (wörtlich „das Maß“: μέτρον = metron) des „Menschen“ (ἄνθρωπος = anthropos) in seinen Längen und Kräften beschäftigt, und **Systemergonomie**, welche die Informationsaufnahme und -verarbeitung des Menschen betrachtet. Erstere spielt in dieser Arbeit nur eine untergeordnete Rolle, wie sich später zeigen wird, letztere aber stellt den Rahmen und die Grundlage der nachfolgenden Ausführungen dar und soll deshalb nun weiter aufgeschlüsselt werden.

2.1 Systemergonomie

Dieses Unterkapitel behandelt vor allem die als „Münchener Ergonomie“ bekannt gewordenen Erkenntnisse des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München. Dabei wird zunächst das zu Grunde liegende Modell des Mensch-Maschine-Systems (MMS) beschrieben. Darauf aufbauend werden die drei Gestaltungsmaximen der Systemergonomie betrachtet. Eine

dieser drei Maximen – die Kompatibilität – soll dabei besonders genau erläutert werden, denn sie ist für diese Arbeit die Wesentlichste. Anschließend werden noch die Modelle der Regelstrecke „Mensch-Maschine-System“ beleuchtet.

In den letzten beiden Unterkapiteln wird zunächst erläutert, was unter intuitiver Bedienung zu verstehen ist. Darauf folgt abschließend die Beschreibung des Drei-Ebenen-Modells der menschlichen Informationsverarbeitung nach Rasmussen.

2.1.1 Mensch-Maschine-System

Wie der Name erahnen lässt, enthält das Modell des Mensch-Maschine-Systems der Systemergonomie zwei wesentliche Elemente, nämlich den Menschen als Benutzer und die Maschine als benutztes Objekt. Maschine ist dabei ein Sammelbegriff für grundsätzlich jedes benutzbare Objekt – vom einfachen Spaten bis hin zum Kraftwerksleitstand. Beide – Mensch und Maschine – stehen in Bezug zur Umwelt, wie in Abbildung 6 zu sehen ist. Die Umwelt, das heißt die gesamte den Menschen und die Maschine umgebende Realität, beeinflusst dabei sowohl Mensch und Maschine, als auch die Schnittstelle zwischen beiden und damit die Informationsübertragung (Bubb 1993 a, S. 306).

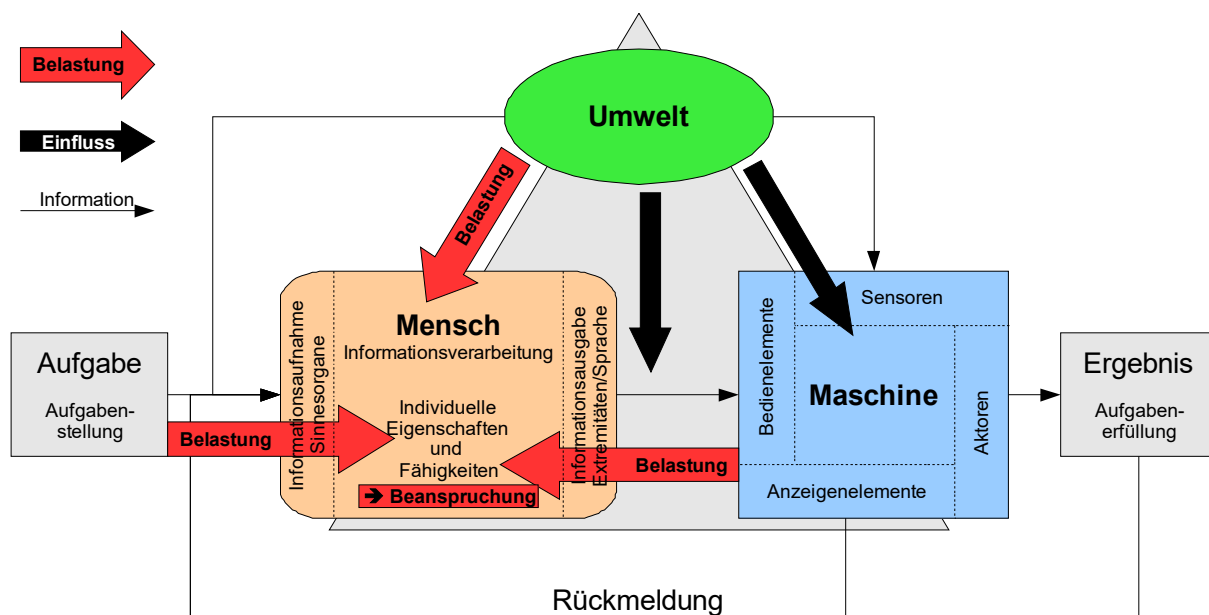


Abbildung 6: Modell des Mensch-Maschine-Systems (nach Bubb 1993 a, S. 306 u. S. 308, nach Bubb 1993 b, S. 364, sowie nach Rassel 2004, S. 4 f)

Wie Abbildung 6 zeigt, stellt der Einfluss auf den Menschen in der Regel eine Belastung dar. Diese Belastung kann körperlicher und geistiger Natur sein. Auch der Umgang mit der Maschine sowie die Aufgabenstellung selbst bedeuten für den Menschen eine Belastung. Inwieweit diese objektive, für alle Menschen gleiche Belastung für den einzelnen Menschen aber zur Beanspruchung wird, hängt von dessen individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten ab (Bubb 1993 b, S. 364).

Neben Belastung und sonstigen Einflüssen fließen aber natürlich auch Informationen. Die ursprüngliche Information ist die Aufgabe, die sich der Mensch selbst stellt oder die ihm gestellt wird. Im Kraftfahrzeug ist das in erster Linie die Fahraufgabe, aber auch verschiedene Nebenauf-

gaben. Details zum Thema Fahraufgabe werden im Anschluss in Kapitel 2.2 diskutiert. Die Informationen der Aufgabe werden vom Menschen zunächst über seine Sinnesorgane aufgenommen, dann verarbeitet und über Extremitäten oder Sprache gibt er anschließend Informationen an die zur Aufgabenerfüllung benutzte Maschine ab – hier an das Kraftfahrzeug.

Die Maschine nimmt diese Information über ihre Bedienelemente – ein Spracheingabesystem ist im weiteren Sinne auch ein Bedienelement, die exakte Definition ist in Kapitel 5.1 zu finden – auf und verarbeitet sie entsprechend ihrer Konstruktion, um dann mithilfe ihrer Aktoren das Ergebnis zu produzieren. Informationen fließen aber auch zurück zum Menschen, zum Teil vom Ergebnis selbst und zum Teil von den Anzeigenelementen der Maschine. Beide Informationsflüsse stellen die Rückmeldung dar und schließen dabei auch den Regelkreis (vergleiche auch Kapitel 2.1.3). Außerdem fließen auch Informationen aus der Umwelt an Mensch und Maschine, die beide jeweils über Sinnesorgane beziehungsweise Sensoren aufnehmen und verarbeiten müssen, insbesondere beim Autofahren.

Im Fokus der Ergonomie steht die Belastung für den Menschen: Das Ziel ist es selbstverständlich, diese Belastung so gering wie möglich zu halten. Dabei lässt sich die Belastung durch die Umwelt im Rahmen der Arbeitsumgebung in gewissem Maße, beim Konsumprodukt und insbesondere beim Personenkraftwagen in der Regel aber nur wenig beeinflussen. Die Aufgabe selbst ist normalerweise auch unabänderlich, die Belastung durch die Aufgabe ließe sich aber durch Automatisierung verringern, also dadurch, dass die Maschine Teilaufgaben komplett übernimmt. Abgesehen von dieser Möglichkeit liegt der Schwerpunkt auf der Belastung durch die Maschine, da an der Mensch-Maschine-Schnittstelle relativ großes Gestaltungspotential besteht. Die Belastung durch die Maschine kann unterteilt werden in die körperliche und die geistige Belastung, um erstere kümmert sich das Fachgebiet der Anthropometrie, um letztere die Systemergonomie.

2.1.2 Gestaltungsmaximen der Systemergonomie

Dies führt direkt zu den drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen zur Minimierung der geistigen Belastung durch die Maschine. Nach Bubb (Bubb 1993 c, S. 391) sind sie als die drei folgenden Fragen formuliert:

1. **Funktion:** "Was will der Operateur bezwecken und inwieweit kommt ihm das technische Arbeitsmittel dabei entgegen?"
2. **Rückmeldung:** "Kann der Operateur erkennen, ob er etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er hatte?"
3. **Kompatibilität:** "Wie groß ist der Umkodieraufwand zwischen verschiedenen technischen Informationskanälen?"

Diese Maximen lassen sich weiter aufschlüsseln, wie Abbildung 7 zeigt.

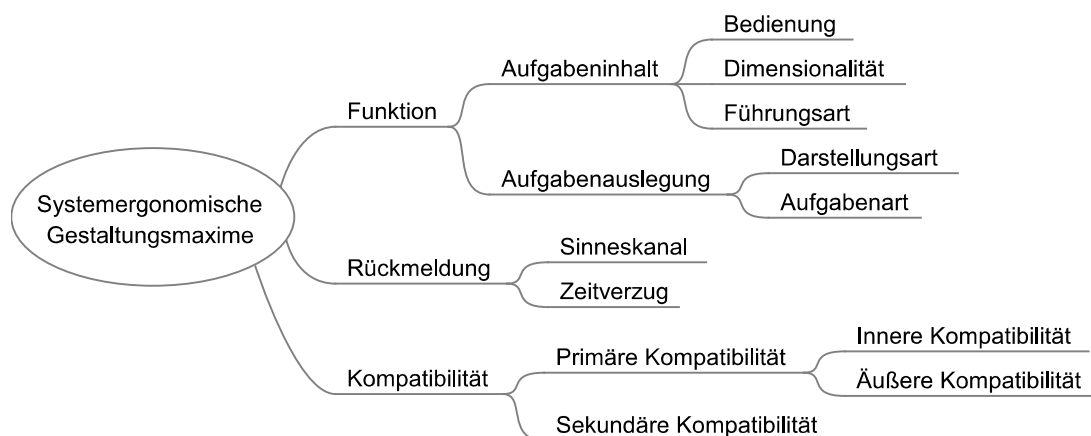


Abbildung 7: Systemergonomische Gestaltungsmaximen mit Details (nach Bubb 1993 c, S. 390 ff und Rassl 2004, S. 8 ff)

2.1.2.1 Funktion

Zur Funktion ist im Sinne des Informationsflusses vor allem zu sagen, dass eine Maschine vom Menschen eigentlich nur die Informationen einholen muss, die sie nicht durch ihre Sensoren aus der Umwelt oder aus sich selbst erhalten kann. Sie müsste nur die „nötige Information“³ vom Benutzer einholen. So wäre es beispielsweise in einem modernen Kraftfahrzeug völlig unnötig, die Uhrzeit und das Datum einzustellen, da die meisten Fahrzeuge über eine Vielzahl von Kanälen mit der Umwelt verbunden sind (GPS, Mobilfunk, mobiles Internet, digitales und analoges Radio und Fernsehen), von denen fast alle ein Zeitsignal enthalten, dem Uhrzeit, Datum und Zeitzone entnommen werden könnten.

Für die Aufgabenanalyse lässt sich der Bereich Funktion in den Aufgabeninhalt, welcher in der Regel unabänderlich vorgegeben ist, und die Aufgabenauslegung unterteilen, welche hauptsächlich durch die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle festgelegt wird. Beide sollen nun genauer betrachtet werden.

Aufgabeninhalt

Beim Inhalt der Aufgabe ist zunächst die Bedienung zu bestimmen. Enthält die Aufgabe mehrere Schritte in einer bestimmten Reihenfolge, dann spricht man von „**sequentieller**“ **Bedienung**, sind die Einzelschritte der Aufgabe in beliebiger Reihenfolge oder sogar – aber nicht notwendigerweise – gleichzeitig ausführbar, dann nennt man die Bedienung „**simultan**“ (Bubb 1993 c, S. 392 ff; Rassl 2004, S. 9 ff). Zum Beispiel beim Kuchenbacken sind die Schritte „Zutaten mischen“, „Teig kneten“ und das eigentliche „Backen“ sequentiell – sie haben eine feste, einzuhaltende Reihenfolge. Dagegen ist die Reihenfolge, in der man die Zutaten in die Rührschüssel gibt, in der Regel irrelevant, die Beigabe der Zutaten ist also simultan.

Sehr wichtig für die Belastung durch die Aufgabe ist auch die **Dimensionalität**, also die Anzahl von Freiheitsgraden, innerhalb derer die Aufgabe zu erfüllen ist. Bei maximal sechs Freiheitsgraden – drei Translationen entlang der Raumachsen und drei Rotationen um die Raumach-

3 Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 28. November 2009

sen – gelten Aufgaben mit bis zu 3 Dimensionen als vergleichsweise einfach, solche mit mehr Dimensionen als schwierig (Bubb 1993 c, S. 396 ff). Die Führung eines Schienenfahrzeugs ist beispielsweise eindimensional – das Fahrzeug kann nur entlang der Schiene bewegt werden – während ein nicht schienengebundenes Landfahrzeug sich in zwei Dimensionen auf der Erdoberfläche bewegen kann. Ein Beispiel für eine sechsdimensionale Aufgabe ist die Platzierung eines Bauteils mit einem Kran: Das Bauteil muss am richtigen Ort (dreimal Translation) und in der richtigen Ausrichtung (dreimal Rotation) eingebaut werden.

Der dritte Parameter des Aufgabeninhalts ist die **Führungsart**. Bei Aufgaben mit einem engen zeitlichen oder räumlichen Rahmen spricht man von „**dynamischen**“ Aufgaben, solche mit einem „zeitlich praktisch unveränderlichen Ziel“ (Bubb 1993 c, S. 399) werden als „**statisch**“ bezeichnet (Bubb 1993 c, S. 398 ff). Die Führung eines Fahrzeugs im Verkehr ist zum Beispiel dynamisch, da der Fahrer vergleichsweise schnell auf die Umgebung reagieren muss, das Einparken des Fahrzeugs in eine Parklücke ist dagegen statisch, da die Parklücke sich nicht verändert und prinzipiell auch unendlich viel Zeit für die Aufgabe zur Verfügung steht – erst äußere Umstände wie vorbeifließender Verkehr und eigener Termindruck bauen in der Realität Zeitdruck für diese Aufgabe auf, die Aufgabe selbst ist statisch.

Aufgabenauslegung

Bei der Auslegung der Aufgabe, die nun tatsächlich das hauptsächliche Betätigungsfeld der Systemergonomie verkörpert, werden unter anderem die **Darstellungsart** und die Aufgabenart betrachtet. Die Aufgabe kann entweder als Folgeaufgabe oder als Kompensationsaufgabe dargestellt werden. Bei der **Folgeaufgabe** werden dem Benutzer die Aufgabenstellung, die Führungsgröße, und die Rückmeldung seiner eigenen Handlung, die Nachführgröße, absolut präsentiert.

Bei der **Kompensationsaufgabe** nimmt das System die Kombination beider Größen dem Benutzer bereits ab und stellt ihm nur noch die Differenz dar, die er dann möglichst gering oder gleich Null halten muss (Bubb 1993 c, S. 407 ff). Beispielsweise haben ältere Radios zwei Anzeigen zur Senderwahl: Der Sender wird zunächst grob eingestellt, wobei ein Zeiger auf einer Skala die Frequenz anzeigt – eine Folgeaufgabe. Anschließend geschieht die Feineinstellung mithilfe des so genannten „Magischen Auges“, einer Anzeige, die die Güte der empfangenen Signale wiedergibt. Die Feineinstellung mit dem magischen Auge ist eine Kompensationsaufgabe, da dieses nur noch die Abweichung von der empfangsstärksten Frequenz anzeigt und nicht die absolute Frequenz.

Die **Aufgabenart** geht noch einen Schritt weiter: Hier wird unterschieden, ob der Mensch überhaupt noch „**aktiv**“ in die Aufgabe eingebunden ist, oder ob er nur noch „**monitiv**“ einen automatisch ablaufenden Vorgang überwacht (Bubb 1993 c, S. 410 ff). Die Überwachung einer Automatik setzt dabei voraus, dass die von der Automatik ausgeführte Funktion und ihre Parameter auch angezeigt werden und dass der Operateur auf die Automatik Einfluss nehmen kann (Rassl 2004, S. 109 f). Ist eins von beiden nicht der Fall, besteht überhaupt keine Aufgabe.

Beispielsweise hat bei einem Handschaltgetriebe der Fahrer selbst die Aufgabe, durch geeignete Gangwahl je nach Fahrzeuggeschwindigkeit die Motordrehzahl in einem sinnvollen Bereich zu halten. Bei einem Automatikgetriebe übernimmt das der Automat, bei den meisten Herstellern wird der automatisch eingelegte Gang aber nicht angezeigt, so dass hier eigentlich keine monitive Aufgabe vorläge. Erfahrene Fahrer können jedoch aus Geschwindigkeit und Drehzahl den Gang trotzdem abschätzen und gegebenenfalls die Automatik durch einen manuellen Eingriff übersteuern.

2.1.2.2 Rückmeldung

Wie in Abbildung 6 deutlich wird, ist die Rückmeldung im Mensch-Maschine-System von wesentlicher Bedeutung. Die Maxime lässt sich aus Sicht des Operators folgendermaßen umformulieren: „Was habe ich gemacht?“ – „In welchem Zustand befindet sich das System jetzt?“ (Bubb 1993 c, S. 416) Bei der Gestaltung der Rückmeldung sind zwei Faktoren zu beachten, nämlich der Ort oder die Sinneskanäle, über die die Rückmeldung erfolgt, und die Zeit, die zwischen Bedienhandlung und Rückmeldung verstreicht.

Zum Sinneskanal ist zu sagen, dass grundsätzlich möglichst viele Sinneskanäle simultan für die Rückmeldung benutzt werden sollten. Die Rückmeldung über die Betätigung eines Drehschalters wird beispielsweise mindestens haptisch und optisch wahrgenommen. Die haptische Rückmeldung lässt sich verbessern, wenn beim Auslösen einer Schaltstufe auch ein spürbarer Druckpunkt beim Drehen überwunden wird. Dieses Überwinden könnte zusätzlich durch ein Knacken hörbar sein, was einen weiteren Sinneskanal für die Rückmeldung eröffnet. Schließlich kann die optische Rückmeldung verbessert werden, wenn die Schaltstufe auch durch einen Index auf dem Drehschalter und eine Skala daneben signalisiert wird – das Bedienelement wird dadurch gleichzeitig eine Statusanzeige (Bubb 1993 c, S. 416). Mehr zu den menschlichen Sinneskanälen findet sich in Kapitel 6.3.

Die Redundanz – also das „Maß an eigentlich überflüssiger Information“ (Bubb 1993 b, S. 338) – ist bei Anzeigen im Allgemeinen und bei Rückmeldungen im Besonderen deswegen wichtig, weil sie die Geschwindigkeit und die Sicherheit einer Wahrnehmung auch bei „kurztem Aufmerksamkeitsabfall“ deutlich erhöht (Bubb 1993 b, S. 338).

An dieser Stelle muss auch der Unterschied zwischen Rückmeldung und Anzeige klar festgestellt werden: Die Rückmeldung ist „invariant“ mit der Bedienhandlung verknüpft, während eine Anzeige auch Informationen darstellen kann, die über die reine Handlungsbestätigung hinausgehen (Ruehmann 1993 a, S. 422). Dabei kann eine Anzeige auch eine Rückmeldung sein, aber nicht umgekehrt. Das Klicken und der haptisch spürbare Druckpunkt des Drehschalters sind also reine Rückmeldung, Index und Skala aber haben zusätzlich den Charakter einer Anzeige, da sie den Systemstatus unabhängig von der Bedienhandlung anzeigen. Mehr zu Arten und Informationsgehalt von Anzeigen findet sich in Kapitel 6.1.

Die Zeit zwischen Bedienhandlung und Rückmeldung darf grundsätzlich höchstens 200 Millisekunden betragen. Dies entspricht in etwa der „Verarbeitungszeit der menschlichen Informationsaufnahme“ (Bubb 1993 c, S. 416). Benötigt die Rückmeldung länger, beeinträchtigt das die Mensch-Maschine-Interaktion erheblich. Ein weiterer relevanter Grenzwert ist die Dauer von zwei Sekunden: Vorgänge innerhalb dieses Zeitraums werden als einheitlich wahrgenommen, nach zwei Sekunden verliert der Operator den Zusammenhang zwischen seiner auslösenden Handlung und der Reaktion, das heißt, beide werden für ihn unabhängige Ereignisse. Für die Rückmeldung bei längeren Vorgängen ergibt sich dadurch folgende Regel: Spätestens nach 200 Millisekunden muss dem Operator gemeldet werden, dass der Vorgang erfolgreich gestartet wurde, spätestens nach zwei Sekunden muss ihm mitgeteilt werden, wie lange der Vorgang voraussichtlich dauern wird. Dies geschieht idealerweise durch eine Fortschrittsanzeige, die wiederum mindestens im Zwei-Sekunden-Takt aktualisiert werden muss (Bubb 1993 c, S. 416).

2.1.2.3 Kompatibilität

Eine weitere wichtige Gestaltungsregel der Systemergonomie ist die Kompatibilität zwischen realer Welt, Anzeigen, Bedienelementen und dem inneren Modell des Menschen. Von der möglichst

hohen Übereinstimmung dieser vier Bereiche hängt der bereits genannte Umkodieraufwand ab, den der Mensch bei der Informationsverarbeitung erbringen muss. Die Kompatibilität lässt sich einteilen in die primäre und die sekundäre Kompatibilität, die primäre kann wiederum unterteilt werden in die äußere und die innere Kompatibilität (Bubb 1993 c, S. 416 f).

Primäre äußere Kompatibilität

Die primäre äußere Kompatibilität ist die Übereinstimmung zwischen den realen Dingen, also zwischen der Realität selbst und den Anzeigen und Bedienelementen. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel: Die bei den meisten Küchenherden übliche Anordnung der Herdplatten im Quadrat wird bei der Mehrzahl der Geräte durch Drehschalter bedient, die in einer Reihe angeordnet sind (Reihe a in Abbildung 8). Bei der Zuordnung von Drehschaltern und Herdplatten muss der Benutzer hier die kleinen Symbole neben den Drehschaltern interpretieren, die ihrerseits die Anordnung der Herdplatten abbilden. „Es ist leicht einzusehen, daß der mentale Prozeß der Verarbeitung der über die Sinnesorgane aufgenommenen Informationen umso schneller und sicherer erfolgt, je weniger Transformations- oder Decodierungsschritte notwendig sind.“ (Schmidtke 1993, S. 543) Da die Information allein in der Beschriftung steckt, ist also ein entsprechender mentaler Aufwand bei der Interpretation dieser Beschriftung zu erwarten.

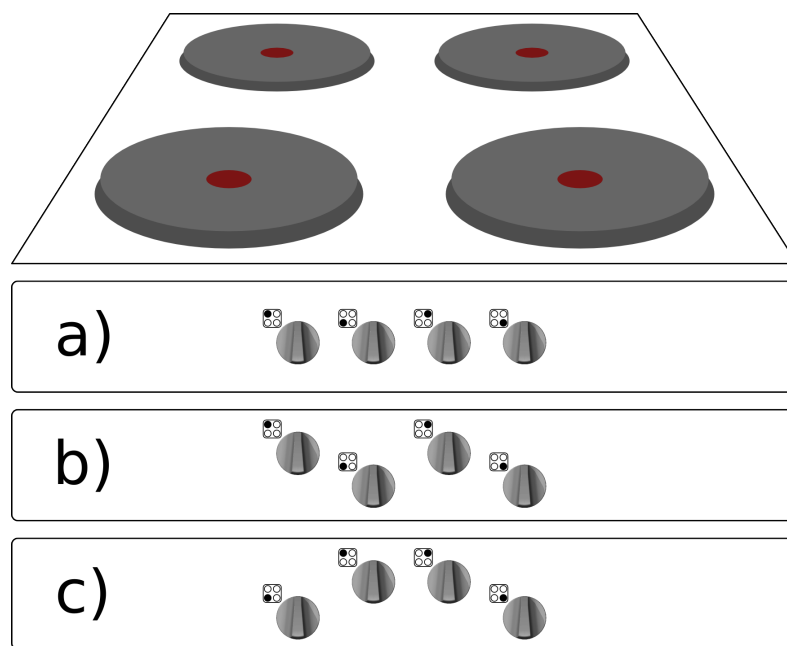


Abbildung 8: Kompatibilität am Beispiel eines Küchenherdes

Etwas leichter fällt die Zuordnung in Reihe b in Abbildung 8, denn durch die Versetzung zweier Drehschalter aus der Reihe und damit die Trennung von vorderen und hinteren Herdplatten ist bereits durch die Anordnung der Drehschalter selbst eine Zuordnung möglich. Die Symbole unterstützen, sind aber nicht mehr ausschließlicher Informationsträger. Das Optimum der Kompatibilität zeigt Reihe c in Abbildung 8, denn hier bilden die Drehschalter perspektivisch die Anordnung der Herdplatten ab, wie sie sich dem Benutzer darstellen, wenn er vor dem Herd steht. Bei dieser Anordnung ist der mentale Aufwand bei der Zuordnung von Drehschaltern und Herdplatten am Geringsten.

Primäre innere Kompatibilität

Die primäre innere Kompatibilität meint die Übereinstimmung der wahrgenommenen Realität inklusive der Anzeigen und Bedienelemente mit dem inneren Modell des Menschen, also seiner Erwartung. Diese Erwartung wird aus bisherigen Erfahrungen und erlernten Stereotypen gebildet, aber auch durch das konkrete mentale Modell – die Vorstellung von der bedienten Maschine (Bubb 1993 c, S. 417; Bullinger 1997, S. 725; DIN EN 60447, S. 18 f).

Ein Beispiel für die Unterstützung dieses Modells ist der bereits erwähnte U-Bahn Türöffner der ersten Generation (Abbildung 2 a, Seite 33). Bei Betrachtung und Betätigung stellt sich heraus, dass die das Türgriffgehäuse auf der dem Türspalt abgewandten Seite verlassende Metallschiene tatsächlich die Bewegung des Hebels überträgt. Es braucht nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, wie im Inneren des Gehäuses ein Zahnrad in eine Zahnstange greift und so die von außen wahrgenommene Verbindung mechanisch herstellt, auch wenn diese Vorstellung sicherlich nicht exakt der eingebauten Technik entspricht (Goetz 2007, S. 1 f).

Viel stärker als dieses innere Modell wirkt aber freilich beim beschriebenen Türöffner die primäre Kompatibilität, nämlich dass der Hebel vom Türspalt weg in die Richtung gedrückt wird, in die sich die Tür bewegen soll, weswegen man bei den folgenden Türgenerationen problemlos auf die sichtbare Bewegungsübertragung verzichten kann.

Ebenfalls stärker als dieses eventuell nicht für jeden Benutzer sofort verständliche innere Modell sind die Stereotypen, die zumindest im europäischen und nordamerikanischen Kulturraum als gesichert gelten dürfen (Bubb 1993 c, S. 417; Schmidtke 1993, S. 540 ff). In Tabelle 1 sind diese Stereotypen aufgelistet. Sie stellen erlernte Muster dar, die grundsätzlich bei jedem Benutzer vorausgesetzt werden können und deren Einhaltung daher maßgeblich zum Verständnis der benutzten Maschine beiträgt.

Tabelle 1: Innere Kompatibilität, Stereotypen (nach Schmidtke 1993, S. 542)

Funktion	Stellteilbewegung
ein	aufwärts, nach rechts, vorwärts, im Uhrzeigersinn, ziehen (Zug-/Druckschalter), (nach hinten bei Überkopfbedienung)
aus	abwärts, nach links, rückwärts, gegen den Uhrzeigersinn, drücken, (nach vorne bei Überkopfbedienung)
verstärken	vorwärts, aufwärts, nach rechts, im Uhrzeigersinn
vermindern	rückwärts, abwärts, nach links, gegen den Uhrzeigersinn
Ausnahme, Ventil öffnen	gegen den Uhrzeigersinn
Ausnahme: Ventil schließen	im Uhrzeigersinn
rechts	nach rechts, im Uhrzeigersinn
links	nach links, gegen den Uhrzeigersinn
heben	aufwärts, rückwärts
senken	abwärts, vorwärts
einziehen	aufwärts, rückwärts, ziehen
ausfahren	abwärts, vorwärts, drücken

Sekundäre Kompatibilität

Die sekundäre Kompatibilität bezieht sich auf das Zusammenspiel mehrerer Aspekte der primären Kompatibilität. Sekundäre Kompatibilität ist dann gegeben, wenn sich diese Aspekte nicht widersprechen. Bei Bedienelementen bedeutet das beispielsweise, dass Bewegungsrichtung und Drehsinn nicht im Widerspruch miteinander stehen dürfen (Bubb 1993 c, S. 417; Bubb 2007,

S. 260). Das passiert, wenn die Skala auf einem Drehschalter aufgedruckt ist und nicht auf der Blende daneben, wie in Abbildung 9 zu sehen ist. Der Drehschalter würde dann zwar eventuell der primären Kompatibilität gehorchen und seine Stellgröße durch Drehung im Uhrzeigersinn erhöhen, die aufgedruckte Skala würde sich dann aber entgegen dem Uhrzeigersinn erhöhen.



Abbildung 9: Sekundäre Inkompatibilität bei Drehschaltern

Aber nicht nur beim Drehsinn gibt es sekundäre Inkompatibilität, sondern auch bei allen anderen Gestaltmerkmalen. Ein Beispiel sind Fahrzeuge, bei denen die vorderen Blinker auf der Innenseite der Scheinwerfer platziert sind. Relativ zum gesamten Fahrzeug sind sie für die Richtungen rechts und links kompatibel, relativ zum einzelnen Scheinwerfer aber, mit dem sie häufig unter einem gemeinsamen Glas und damit als eine Einheit eingebaut sind, ist die Richtungskompatibilität genau falsch herum. Ist das Scheinwerfergehäuse zusätzlich spitz zum Kühlergrill hin geformt – wie ein Pfeil – dann verstärkt sich dieser Effekt noch (Goetz 2007, S. 18 f; Bubb 2007, S. 261).

Ihren besonderen Stellenwert erhält die sekundäre Kompatibilität in Situationen, in denen der Benutzer eines Systems unter Zeitdruck steht. Dann bleibt unter Umständen nicht genug Zeit, ein Bedienelement komplett zu erfassen und zu interpretieren und es wird eventuell der falsche Kompatibilitätsaspekt ausgewählt, was dann zu einer falschen Bedienhandlung führt (Hoyos 1974 zitiert nach Goetz 2007, S. 18; Bubb 2007, S. 260).

Gestaltungsmöglichkeiten

Die Maxime der Kompatibilität ist zwar sehr wichtig, kann aber bei der systemergonomischen Gestaltung nur in bestimmten Bereichen angewandt werden. Wie Abbildung 10 zeigt, entzieht sich die Realität selbst – also die gestellte Aufgabe und die Umwelt – dem Einfluss der Gestaltung. Auch das innere Modell des Menschen von der Realität lässt sich nicht durch Gestaltmerkmale der Mensch-Maschine-Schnittstelle beeinflussen, sondern ist vorgeprägt durch Erziehung, Erfahrungen und eventuelle gezielte Schulung (Bubb 1993 c, S. 416). Daraus folgt, dass idealerweise die Bedien- und Anzeigenelemente im Sinne der Kompatibilität an der Realität und, falls vorhanden, am inneren Modell auszurichten sind.

Ein Beispiel hierfür ist die Fahrstufenwahl bei Automatikgetrieben: Die Schaltreihenfolge P-R-N-D ist dort seit sehr langer Zeit etabliert, wobei die Parkposition P in der Schaltgasse fast immer vorne ist, danach der Rückwärtsgang als zweiter von vorn, der Leerlauf „Neutral“ sozusagen in der Mitte und die Vorwärtstellung „Drive“ hinten. Dieser Vertausch von Vorwärts und Rückwärts gegenüber der Realität widerspricht dabei natürlich der primären äußeren Kompatibilität,

weswegen die meisten Autofahrer im ersten Kontakt mit einem Automatikgetriebe sehr konzentriert lernen müssen, wo welche Schaltstufe liegt. Je nach Fahrleistung des Fahrers geht das Schema aber mehr oder weniger schnell in Fleisch und Blut über – es wird erlernt und gewohnt.

	Primäre Kompatibilität			
	externe			interne
	Realität	Anzeige	Bedien- element	Inneres Modell
Realität	trivial	Gestaltungsmöglichkeiten der Systemergonomie		Erfahrung Training Erziehung
Anzeige				
Bedien- element				
Inneres Modell				Eindeutiges Verständnis der Situation

Abbildung 10: Handlungsspielräume systemergonomischer Gestaltung (nach Bubb 1993 c, S. 416)

Würde man ein neues Bedienelement einführen, das die Fahrtrichtung kompatibel abbildet, müsste sich zeigen, wie schnell und ob überhaupt die Kompatibilität das Gewohnte wieder aufwiegt. Besondere Vorsicht gälte bei der Lage der Parkposition, denn bei ihr existiert überhaupt keine Kompatibilität: Die abstrakte Funktion Parken hat kein Abbild in der Realität, daher griffe hier ausschließlich das seit jeher bekannte und erlernte Schema „P ist vorne“. P müsste also bei einem neuen Bedienelement entweder wieder vorne sein, oder ganz aus dem Kontinuum der Fahrtrichtungen heraus gelöst werden. Die Theorie zu Übung und Gewohnheit findet sich in Kapitel 2.1.5, die Anwendung in Kapitel 5.1.4.

Wie in Abbildung 10 zu sehen, wirken die Gestaltungsmöglichkeiten der Systemergonomie also hauptsächlich auf die Anzeigen und die Bedienelemente. Dabei sorgt die Einhaltung der primären äußeren Kompatibilität dafür, dass Anzeigen und Bedienelemente mit der Realität und mit sich untereinander übereinstimmen, die primäre innere Kompatibilität trägt dazu bei, dass Anzeigen und Bedienelemente den allgemeinen Erwartungen der Benutzer entsprechen, und die sekundäre Kompatibilität sorgt dafür, dass in zeitkritischen Situationen keine Verwirrung entsteht.

2.1.3 Systemtypen und Steuerungsarten

Betrachtet man das in Abbildung 6 gezeigte Mensch-Maschine-System als Regelkreis, so wird der Mensch zum Regler und die Maschine zur Regelstrecke (Bubb 1993 a, S. 319 f). Mithilfe der

Theorien der Regelungstechnik lässt sich diese Regelstrecke analysieren, um die Reaktion der Maschine auf Bedienbefehle inklusive Verzögerungen, Trägheit, Verstärkungsfaktoren und Direktheit des Einflusses mathematisch zu erfassen. Die Systemergonomie kann daraus ableiten, wie leicht oder schwer es der Regler Mensch mit der jeweiligen Auslegung der Regelstrecke hat.

Die tatsächliche Mathematik und die regelungstechnischen Feinheiten sind für diese Arbeit nicht von Belang, da bei der Betrachtung der hier im Fokus stehenden Aufgaben nur ein kleiner Ausschnitt zu Anwendung kommt, welcher im Folgenden dargelegt werden soll. Auch die Analyse der Fahraufgabe selbst ist hier nicht von Interesse – zur Vertiefung dieser Themen seien Bubb (Bubb 1993 b, S. 381 ff) und Eckstein (Eckstein 2000, S. 11 ff) empfohlen.

Das von Bubb angeführte Beispiel verdeutlicht die beiden hier relevanten Systemtypen sehr anschaulich, daher sei es hier vollständig zitiert:

„Als Beispiel diene das Zoomobjektiv einer modernen Videokamera: Durch die Zoomoptik ("Gummilinse") kann man in den technisch gegebenen Grenzen die Größe des Bildausschnittes festlegen (Aufgabenerfüllung). Bei einfachen Kameras verstellt man die Zoomoptik kontinuierlich, durch einen Hebel direkt mit der Hand; mit der Hebelstellung legt man also direkt die Größe des Bildausschnittes fest. Kameras der gehobeneren Preisklasse bieten die Möglichkeit, die Optik mittels eines Servomotors zu verstellen. Schaltet man über den entsprechenden Bedienknopf den Servomotor ein, so verändert sich der Bildausschnitt stetig, solange der Motor läuft. Mit dem Bedienelement bestimmt man also die Änderung des Bildausschnittes; ist der gewünschte Bildausschnitt erreicht, muß das Bedienelement wieder in seine neutrale Stellung gebracht werden.“ (Bubb 1993 b, S. 369)

Die im Rahmen dieser Arbeit zu betrachtenden Aufgaben im Fahrzeug, nämlich alle außer der tatsächlichen Fahraufgabe, entsprechen in der Regel einem der beiden im Beispiel genannten Systemtypen: Entweder wird eine Größe direkt durch eine Bedienung beeinflusst, beispielsweise die Temperatur der Klimaanlage durch den Temperaturregler – hier spricht man von einem **Positionssystem** (Bubb 1993 b, S. 369), oder es wird die *Änderung* einer Größe durch die Bedienung festgelegt, beispielsweise das Seitenfenster, das so lange auffährt, wie der Fensterheberschalter gedrückt wird – hier liegt dann ein **Geschwindigkeitssystem** vor (Bubb 1993 b, S. 369). Der dritte Typ, das **Beschleunigungssystem**, bei dem Änderungsgeschwindigkeit einer Größe bedient wird (Bubb 1993 b, S. 369 f), kommt im Bereich der Nebenaufgaben im Kraftfahrzeug praktisch nicht vor.

Diese drei Systemtypen können aus systemergonomischer Sicht dadurch komplexer werden, dass Maschineneigenschaften wie Trägheit, Verzögerung oder Elastizität dazu führen, dass die Beeinflussung egal welchen Typs nicht sofort geschieht, sondern erst ein „längerer und komplizierterer zeitlicher Verlauf“ (Bubb 1993 b, S. 371) dorthin stattfindet, beispielsweise ein Einschwingen der eingestellten Größe. Diese höheren Steuerungsarten – auch Ordnung des Systems genannt – werden entsprechend den Systemtypen **Lagesteuerung**, **Geschwindigkeitssteuerung** und **Beschleunigungssteuerung** genannt, weil das Anfangsverhalten des jeweiligen zeitlichen Verlaufs dem generellen Verhalten des entsprechenden Systemtyps ähnelt (Bubb 1993 b, S. 372). Beispielsweise verhält sich eine Geschwindigkeitssteuerung im Positionssystem kurz nach der Bedienhandlung wie ein Geschwindigkeitssystem – also als würde die Änderung der Ausgangsgröße beeinflusst – und nach einer gewissen Zeit wie ein reines Positionssystem – also als

würde die Ausgangsgröße selbst beeinflusst, was ja tatsächlich der Fall ist. Es leuchtet ein, dass dieses komplexere Verhalten die Bedienung gegenüber einem „reinen“ (Bubb 1993 b, S. 370) System, bei welchem Systemtyp und Ordnung gleich sind, erschwert (Bubb 1993 b, S. 371).

Ebenfalls ist offensichtlich, dass ein Systemtyp durch Hinzufügen von Verzögerung und dergleichen nicht vereinfacht werden kann, das heißt, im Geschwindigkeitssystem ist die einfachste – nämlich die reine – Steuerungsart, die Geschwindigkeitssteuerung. Eine Lagesteuerung ist in diesem Systemtyp nicht möglich. Erwähnt sei noch die in allen drei Systemtypen mögliche **Rucksteuerung**, welche eine große Verzögerung und heftiges Überspringen der Reaktion der Ausgangsgröße bedeutet. Sie und die Beschleunigungssteuerung kommen bei den Nebenaufgaben im Kraftfahrzeug aber praktisch nicht vor, sondern spielen eher bei großen Maschinen eine Rolle. Schon die Geschwindigkeitssteuerung im Positionssystem ist eine sehr seltene Auslegung im Fahrzeug. Eine Ausnahme und gleichzeitig ein Beispiel, das den Zusammenhang verdeutlicht, zeigt Abbildung 11.

In Abbildung 11 a ist ein Schiebedachschalter zu sehen, bei dem man mit dem Drehwinkel des Schalters direkt proportional den Öffnungsweg des Schiebedaches festlegt. Es handelt sich also zunächst um ein Positionssystem, denn „mit dem Bedienelement wird die Aufgabenerfüllung direkt bestimmt.“ (Bubb 1993 b, S. 369) Das Schiebedach hat aber selbstverständlich eine endliche, konstante Geschwindigkeit, mit der es sich öffnen und schließen kann, das heißt, es wird dem eingestellten Öffnungsweg hinterherfahren, bis es ihn erreicht hat. Es handelt sich also um eine Geschwindigkeitssteuerung, denn je nach Öffnungsstellung vor der Bedienhandlung kann das Verfahren mit konstanter Geschwindigkeit eine ganze Weile dauern. Das Schiebedach verhält sich zunächst, als könnte nur die Änderung seiner Öffnung beeinflusst werden, und erst, wenn es den eingestellten Öffnungsweg erreicht hat, als werde dieser Öffnungsweg direkt bedient.

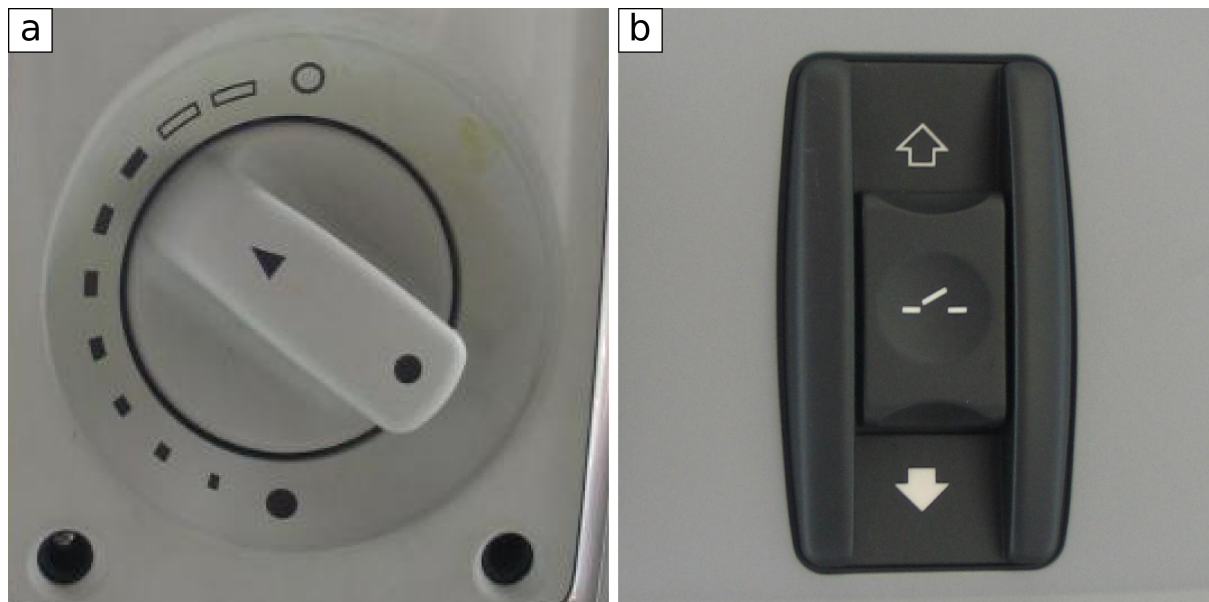


Abbildung 11: Schiebedachschalter in verschiedenen Fahrzeugen als Beispiele für ein Positionssystem mit Geschwindigkeitssteuerung (a) und ein Geschwindigkeitssystem mit Geschwindigkeitssteuerung (b)

Im Gegensatz dazu gehört der in Abbildung 11 b gezeigte Schiebedachschalter zu einem Geschwindigkeitssystem, denn seine Bedienung hat das Verfahren des Schiebedaches mit einer konstanten Geschwindigkeit zur Folge – etwaige Dauerlauffunktionen durch Überdrücken seien

hier außer Acht gelassen. Auch in diesem Fall ist die Aufgabe, einen bestimmten Öffnungsweg einzustellen, bedient wird aber die Öffnungsgeschwindigkeit, also die „Änderung der Aufgabenerfüllung“ (Bubb 1993 b, S. 369). Der Systemtyp ist also hier ein Geschwindigkeitssystem und, da es beim Anfahren des Daches keine spürbare Trägheit gibt und sich das Dach zu jedem Zeitpunkt der Bedienung gleich verhält, handelt es sich auch um eine Geschwindigkeitssteuerung. Die technisch selbstverständlich vorhandene Anfahrverzögerung durch die Beschleunigung der Masse liegt mit ihrer zeitlichen Ausdehnung unterhalb der menschlichen Reaktionszeit und spielt daher für die systemergonomische Betrachtung keine Rolle (Bubb 1993 b, S. 373).

An diesem Beispiel stellt sich nun die Frage, welche der beiden Mensch-Maschine-Schnittstellen leichter oder schwieriger zu bedienen ist. Untersuchungen von P. Bubb und Schmidtke (jeweils 1978, zitiert nach Bubb 1993 b, S. 371) haben gezeigt, dass „der Ordnungsgrad die Regelleistung des Menschen deutlich, der Typ diese aber kaum zu beeinflussen“ (Bubb 1993 b, S. 372) scheint. Beide Optionen im Beispiel stellen eine Geschwindigkeitssteuerung dar und sind daher aus systemergonomischer Sicht voraussichtlich gleich leicht beziehungsweise schwierig zu bedienen. Die einfachste Auslegung wäre eine Lagesteuerung im Positionssystem, wie sie beispielsweise vorliegt, wenn ein Zeiger oder auch ein Cursor in einer Liste einem Drehsteller unmittelbar folgt, „da hierfür bereits vorhandene innere Modelle des Bewegungsentwurfs in entsprechender Abwandlung übernommen werden können“ (Bubb 1993 b, S. 371).

Ein weiterer Aspekt bei der Beurteilung der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist die Dynamik der Systemreaktion: Obwohl in beiden Fällen des Beispiels in Abbildung 11 dieselbe, aus systemergonomischer Sicht statische (vergleiche auch Kapitel 2.1.2.1) Aufgabe vorliegt, nämlich einen bestimmten Öffnungsweg des Schiebedaches einzustellen, ist die Geschwindigkeitssteuerung im Positionssystem unter diesem Aspekt einfacher, weil der Benutzer beliebig viel Zeit hat, seine Bedienhandlung auszuführen. Nachdem er eine Stellung per Drehsteller vorgewählt hat, muss er zwar abwarten, bis das Dach den Befehl ausgeführt hat, aber er muss den Vorgang nicht beobachten. Gäbe es keine Verzögerung, könnte er das Ergebnis sofort sehen und gegebenenfalls korrigieren, aber auch in der tatsächlichen Ausführung kann der Benutzer selbst entscheiden, wann und wie er korrigiert.

Die Bedienung mit Geschwindigkeitssteuerung im selben System hat dagegen eine zeitkritische Komponente, weil der Benutzer hier genau den Zeitpunkt abwarten muss, an dem die gewünschte Position erreicht ist, um dann seine Bedienhandlung zu beenden. Da er nur die Änderung der Ausgangsgröße bedient und nicht die Ausgangsgröße direkt, muss er – wie in Bubbs Beispiel weiter oben – „rechtzeitig“ bedienen. Obwohl also die Aufgabe prinzipiell statisch ist, fügt die Auslegung der Mensch-Maschine-Schnittstelle als Geschwindigkeitssteuerung der Bedienung eine dynamische Komponente hinzu.

Diese Erkenntnis schließt die für den Umfang dieser Arbeit benötigten Aspekte der Systemtypen und Steuerungsarten ab. Für weiterführende Studien seien dem Leser die bereits genannten Quellen ans Herz gelegt.

2.1.4 Intuitive Bedienung

Das Ziel der systemergonomischen Gestaltung, der Maximen und besonders der Kompatibilität ist es, die Bedienung von Maschinen so einfach wie möglich zu halten. Die einfachste mögliche Bedienung ist die intuitive Bedienung. Die Anforderung an die Bedienelemente eines Kraftfahrzeugs ist also, wenn möglich, intuitiv zu sein (Eckstein 2008, S. 1).

Intuition ist die Fähigkeit, Sachverhalte zu verstehen oder Entscheidungen zu treffen, ohne darüber nachzudenken. Intuitive Bedienung ist also Bedienen ohne Nachdenken oder – um die Formulierung aus Kapitel 2.1.2.3 aufzugreifen – ohne großen mentalen Aufwand.

„Eine Mensch-Maschine-Interaktion wird dann als intuitiv bezeichnet, wenn die Art und Weise der Manipulation in offensichtlichem und natürlichem Zusammenhang mit der Systemreaktion steht.“ (Shneiderman 1992 zitiert nach Schattenberg 2002, S. 4)

Der Zusammenhang zwischen Manipulation und Systemreaktion ist im Wesentlichen dann offensichtlich und natürlich, wenn er der Kompatibilität entspricht, denn diese hat ja gemäß der dritten Gestaltungsmaxime (vergleiche Kapitel 2.1.2) das Ziel, den Umkodieraufwand und damit wieder den generellen mentalen Aufwand möglichst gering zu halten. Zur intuitiven Bedienung eines Systems gehört außerdem die Homogenität der Bedienung aller Teilsysteme: Die Eingabe gleichartiger Informationen sollte funktionsunabhängig immer den gleichen Regeln folgen (Schattenberg 2002, S. 68).

2.1.5 Informationsverarbeitung

Eng verknüpft mit der intuitiven Bedienung ist das Modell der Systemergonomie von der menschlichen Informationsverarbeitung. Wie Abbildung 6 (Seite 40) bereits andeutet, liegt zwischen der Informationsaufnahme und der Informationsausgabe immer die Informationsverarbeitung. Allerdings kann diese Verarbeitung – oder auch Entscheidungsfindung – unterschiedlich schnell stattfinden. Ein häufig angewandtes Modell hierzu stammt von Jan Rasmussen (Rasmussen 1987 zitiert nach Bubb 1993 b, S. 348 f; Rasmussen 1986 zitiert nach Lermer 2010, S. 30 ff). Er unterscheidet die folgenden drei Ebenen:

1. Auf **Fertigkeiten** basiertes Handeln (skill based): Hier ist gar keine bewusste Informationsverarbeitung notwendig. Auf eine Wahrnehmung folgt sehr schnell und weitestgehend automatisch eine Handlung, die antrainiert ist. Es handelt sich um eine „höchstgeübte Tätigkeit“ (Bubb 1993 b, S. 348).
2. Auf **Regeln** basiertes Handeln (rule based): Hier muss bereits eine bewusste Informationsverarbeitung stattfinden, die auch mentalen Aufwand mit sich bringt und Aufmerksamkeit bindet (Lermer 2010, S. 30). Allerdings handelt es sich immer noch um eine Tätigkeit, die bereits erlernt und geübt wurde, so dass Regeln im Gedächtnis vorhanden sind, deren Abruf und Ausführung aber eine bewusste Entscheidung verlangen (Eckstein 2000, S. 18).
3. Auf **Wissen** basiertes Handeln (knowledge based): Diese Handlungsebene stellt die mental und damit auch zeitlich aufwendigste Art der Informationsverarbeitung dar. Die wahrgenommene Situation muss hier zunächst mit „Wissen aus dem Langzeitgedächtnis“ (Lermer 2010, S. 30) verglichen und analysiert werden. Man spricht auch von Problemlösungsverhalten: Es muss eine Entscheidung getroffen werden, die zuvor noch nie getroffen wurde (Bubb 1993 b, S. 348).

Wie schon angedeutet, hängt die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung stark davon ab, wie sehr die für die Aufgabe benötigte Handlung bereits geübt ist. Hoch geübte Tätigkeiten benötigen kaum noch mentalen Aufwand, völlig neue Aufgaben dagegen einen sehr hohen.

Natürlich spielt auch die Komplexität der Aufgabe eine Rolle, aber auch komplexe Aufgaben und Tätigkeiten können hoch geübt sein.

Damit ist der Überblick über die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Theorien der Systemergonomie beendet. Es sei zusammengefasst, dass vor dem Hintergrund des systemergonomischen Modells des Mensch-Maschine-Systems mithilfe der drei Gestaltungsmaximen Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität die Mensch-Maschine-Schnittstelle so benutzerfreundlich wie möglich gestaltet werden sollte. Intuitive Bedienbarkeit ist das Ziel, wobei der Mensch als Regler im Regelkreis des Mensch-Maschine-Systems und vor allem die Informationsverarbeitung des Menschen eine große Rolle spielen.

2.2 Fahraufgabeneinteilung

Zum besseren Verständnis und zur einheitlichen Benutzung sollen hier die Begriffe der Fahraufgabeneinteilung festgelegt werden, welche für die gesamte Arbeit von Bedeutung sind für die Klassifikation der Funktionen. Die Aufgabe der Fahrzeugführung als Summe aller Aufgaben, die der Fahrer im Fahrzeug ausführen muss oder kann, lässt sich zur besseren Strukturierung der Einzelaufgaben in Klassen unterteilen. Die Basis dieser Unterteilung ist zunächst die grobe Einteilung in primäre, sekundäre und tertiäre Fahraufgabe.

2.2.1 Primäre Fahraufgabe

Die **primäre Fahraufgabe** besteht darin, das Fahrzeug von einem Ausgangspunkt zu einem Ziel zu bewegen und dabei „jede Berührung mit stehenden oder sich bewegenden Objekten im Verkehrsraum zu vermeiden“ (Bubb 2003, S. 27). Es handelt sich also um die Führung des Fahrzeugs selbst (Bubb 2003, S. 27 f; Rassl 2004, S. 5). Im Sinne des Mensch-Maschine-Systems aus Abbildung 6 (Seite 40) stellt auch diese Aufgabe einen Regelkreis dar, bei dem der Mensch als Fahrer die Maschine Fahrzeug steuert und dabei die Aufgabe – einen Transport durchzuführen – mit Informationen vom Fahrzeug und vor allem aus der Umwelt in Einklang bringen muss. Insbesondere die schon genannten Objekte im Verkehrsraum machen hier einen wesentlichen Teil aus, aber auch die Wahl der Fahrspur und die Verfolgung einer bestimmten Route zum Ziel sind Teil der primären Fahraufgabe.

Diese Teilaufgaben der primären Fahraufgabe lassen sich in drei Stufen einteilen, wie auch Abbildung 12 veranschaulicht. Man erkennt dort drei ineinander geschachtelte Regelkreise, bei denen der Mensch jeweils als Regler auftritt, nämlich als Navigator, als Führer und als Stabilisator. Dabei ist das Ergebnis jedes Regelkreises die Eingangsgröße für den jeweils untergeordneten. Die Rückmeldung für jeden Regelkreis kommt hauptsächlich aus der Umwelt und damit aus dem Ergebnis der gesamten Fahraufgabe, es gibt aber auch Informationen, die das Fahrzeug durch seine Anzeigen selbst zur Verfügung stellt.

Die oberste Stufe ist die **Navigation**. Sie verkörpert die „eigentlich gestellte Transportaufgabe“ (Bubb 1993 c, S. 406), also beispielsweise von München nach Hamburg zu fahren und um 18:00 Uhr anzukommen. Das Ergebnis dieser Aufgabe ist also sowohl der Kurs – genau genommen die exakte Wegwahl durch das vorhandene Straßennetz (Bubb 2003, S. 28) – als auch der grobe zeitliche Ablauf der Fahrt (Bernotat 1970 zitiert nach Helmert 2003, S. 5). Allen unterscheidet bei der Routenwahl noch zwischen der Auswahl der Route im Straßennetz, die auch vor Fahrtantritt stattfinden kann, und dem Einhalten der gewählten Route während der Fahrt, also

dem Zurechtfinden (Allen 1971 zitiert nach Schumann 1993, S. 5). Beides zählt aber zur Unter-
aufgabenstufe der Navigation im Rahmen der primären Fahraufgabe.

Das Ergebnis der Navigation ist die Aufgabenstellung für die zweite Stufe der primären Fahraufgabe, die **Führung**. Hierbei legt der Fahrer den kurzfristigen Kurs „im unmittelbaren Umfeld von circa 200 m in Ort und Zeit“ (Bubb 2003, S. 28) fest. Dabei müssen insbesondere andere Verkehrsteilnehmer und deren Bewegung im Verkehrsraum berücksichtigt werden, aber auch Besonderheiten des Straßenverlaufs sowie Verkehrszeichen und Lichtanlagen (Allen 1971 zitiert nach Schumann 1993, S. 5). Das Ergebnis der Führung sind „der genaue Weg und die erforderlichen Geschwindigkeitsänderungen“ (Bubb 1993 c, S. 406), deswegen nennt man die Führungsstufe auch Manöverebene (Haller 2001, S. 11; Juergensohn 2001, S. 10 f).

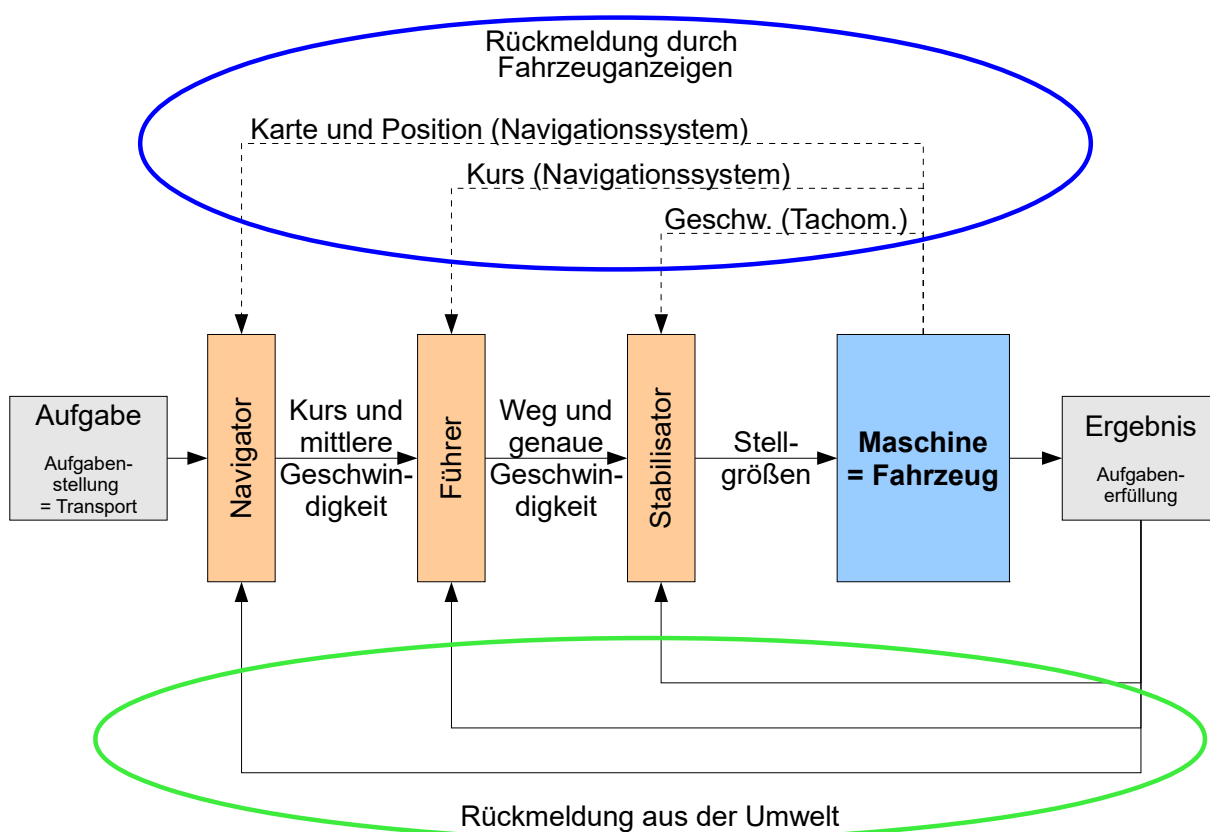


Abbildung 12: Hierarchisch geschachtelte Regelkreise der primären Fahraufgabe (nach Bubb 1993 c, S. 406)

Dieses Ergebnis wird in der untersten Stufe der primären Fahraufgabe, der **Stabilisierung**, umgesetzt und dient daher dieser Stufe als Aufgabenstellung. Hier muss der Fahrer nun die Ergebnisse der höheren Stufen „mittels der Maschine, des Fahrzeugs“ (Bubb 1993 c, S. 406) tatsächlich in die Tat umsetzen. „Dafür bedient er Lenkrad, Gaspedal und Bremse“ (Rassl 2004, S. 5). Auch Allen spricht von der direkten Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug, unterscheidet dabei jedoch noch explizit zwischen der Quer- und der Längsführung (Allen 1971 zitiert nach Schumann 1993, S. 5). Es sei darauf hingewiesen, dass der hier benutzte Begriff der Stabilisierung nicht übereinstimmt mit der Stabilisierung „im fahrdynamischen Sinne“ (Eckstein 2000, S. 5). Jene meint die Rückführung des Fahrzeugs aus einer fahrdynamisch instabilen Lage in eine stabile, hier ist die gesamte Interaktion mit der Längs- und Querverführung des Fahrzeugs gemeint.

Aufgrund dieser Beschreibung könnte man zu dem Schluss gelangen, die Stabilisierung sei allein die „blinde“ Interaktion mit den Anzeigen und Bedienelementen des Fahrzeugs, gemeint ist aber definitiv die Bedienung des Fahrzeugs unter Einbezug der vom Fahrer wahrgenommenen Informationen aus der Umwelt, nämlich die Einhaltung – die Regelung und nicht die bloße Steuerung – von Abstand und Spur, wie sie in der Führungsstufe gewählt wurden (Bernotat 1970 zitiert nach Helmert 2003, S. 5; Rauch 2009, S. 43). Dabei gilt ein Zeithorizont von circa einer halben Sekunde: Manöver, die den Kurs mit einem Zeitziel von mehr als einer halben Sekunde beeinflussen, zählen daher zur Spurwahl und damit zur Führung, kurzfristige Korrekturen zählen zur Spurhaltung und damit zur Stabilisierung⁴.

2.2.2 Sekundäre und tertiäre Fahraufgabe

Die **sekundäre Fahraufgabe** besteht aus allen Nebenaufgaben, die nicht direkt mit der Fahrzeugführung zu tun haben, sich aber direkt oder indirekt aus Umständen außerhalb des Fahrzeugs ergeben (Bubb 2003, S. 31). Hierzu zählen also solche Tätigkeiten, „die sich aus den Verkehrsregeln, Verkehrs- und Umweltbedingungen ergeben“ (Wolf 2006, S. 8). Die sekundären Aufgaben können unterschieden werden in „reaktiv bedingte und aktive Aufgaben“ (Rassl 2004, S. 6): Reaktive Aufgaben sind direkt abhängig von äußeren Umständen, wie beispielsweise die Betätigung der Scheibenwischer bei Regen oder das Einschalten der Scheinwerfer bei Dunkelheit. Aktive Aufgaben sind dagegen nur mittelbar von der Umwelt abhängig, wie beispielsweise Blinken und Hupen, durch welche der Fahrer mit anderen Verkehrsteilnehmern kommuniziert (Bubb 2003, S. 31; Rassl 2004, S. 6).

Insbesondere reaktive sekundäre Aufgaben sind hervorragend automatisierbar durch den Einbau von Sensorik, die genau den Umweltaspekt erfasst, auf den reagiert werden muss, wie beispielsweise Regen oder Dunkelheit. Dem gegenüber entziehen sich die aktiven sekundären Aufgaben einer Automatisierung, weil hier die bisher nicht erfassbare Intention des Fahrers eine entscheidende Rolle spielt.

An dieser Stelle sei noch die Wahl des Getriebegangs im Kraftfahrzeug explizit erwähnt, die zwar eine rein technische Notwendigkeit ist – sowohl die ersten Kraftfahrzeuge als auch moderne Elektroautos zeigen, dass unterschiedliche Übersetzungen zwischen Motor- und Raddrehzahl nicht durch das Automobil selbst sondern nur durch seine Antriebstechnik bedingt sind – die aber dennoch in Abhängigkeit von äußeren Umständen stattfindet und deswegen zur sekundären Fahraufgabe zählt. Diese Aufgabe ist in vielen Fahrzeugen automatisiert, was in den Situationen, in denen sie reaktiv ausgeführt wird, also aufgrund von Motordrehzahl und Lastanforderung, völlig problemlos funktioniert, aber in den Situationen, in denen sie aktiv benutzt wird, beispielsweise um einen Überholvorgang vorzubereiten, naturgemäß in Unkenntnis der Fahrer-Intention problematisch sein kann.

Die **tertiäre Fahraufgabe** schließlich besteht aus den Tätigkeiten, die mit dem Fahren selbst eigentlich nichts zu tun haben (Wolf 2006, S. 8). „Sie dienen lediglich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen“ (Rassl 2004, S. 6), umfassen also die Klimaanlage, alle denkbaren Musikmedien sowie das Autotelephon.

⁴ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. November 2008

2.2.3 Einteilung der Fahrzeugfunktionen

Eine Aufstellung ausgewählter Fahrzeugfunktionen und ihrer auf der hier beschriebenen Fahraufgabeneinteilung basierenden Zuteilung zu den einzelnen Fahraufgaben folgt in Tabelle 2. Dabei erkennt man, dass sich häufig Fahrzeugsysteme nicht als Ganzes einordnen lassen, sondern ihre einzelnen Unterfunktionen betrachtet werden müssen.

Die in Tabelle 2 getroffene Einteilung liegt den weiteren Ausführungen dieser Arbeit zu Grunde. Sie wird bei der Auslegung der Bedienung (siehe Kapitel 5) noch von Bedeutung sein. Die blaugrau hinterlegten Zellen markieren Assistenzsysteme auf der jeweiligen Fahraufgabenebene beziehungsweise Automatikfunktionen.

Tabelle 2: Fahraufgabeneinteilung

Fahrzeugfunktion	Primäre Fahraufgabe			Sekundäre Fahraufgabe	Tertiäre Fahraufgabe
	Stabilisierung	Führung	Navigation		
Gasgeben, Bremsen	Nur Stabilisierung				
Lenken	Nur Stabilisierung				
Geschwindigkeit, Abstand	Halten	Wählen	Zeitplanung		
Spurhaltung	Halten	Wählen	Route		
Tempomat (Cruise Control)	Ein- und Ausschalten, übernimmt das Halten der Geschwindigkeit	Soll-Geschwindigkeit einstellen			
Abstands-Tempomat (Active Cruise Control)	Ein- und Ausschalten, übernimmt das Halten der Geschwindigkeit und des Abstands	Soll-Geschwindigkeit und Soll-Abstand einstellen			
Manuelle Gangschaltung	Herunterschalten, wenn zur Verzögerung benutzt			Sekundär	
Blinken, Hupen				Nur sekundär	
Scheibenwischer, Scheinwerfer				Nur sekundär	
Front- und Heckscheibe abtauen				Nur sekundär	
Komfortklima, Sitzheizung					Nur tertiär
Unterhaltungselektronik: CD, Radio,...					Nur tertiär
Autotelephon, Internet, Office					Nur tertiär
Verkehrsinformationen			Information fließt in die Routenwahl ein	Ein- und Ausschalten	
Navigationssystem		Nimmt die Navigation ab und reduziert sie zur Führungsaufgabe		Zieleingabe, Optionen einstellen	
Fahrwerksregelsysteme (ABS, ESP,...)	Assistenz bei der Stabilisierung			Ein- und Ausschalten	
Notbremssystem	Assistenz bei der Stabilisierung			Ein- und Ausschalten	
Toter-Winkel-Warnung		Anzeigeinformation fließt ein in Spurwahl		Ein- und Ausschalten	

Fahrzeugfunktion	Primäre Fahraufgabe			Sekundäre Fahraufgabe	Tertiäre Fahraufgabe
	Stabilisierung	Führung	Navigation		
Spurverlasset-Warnung	Anzeigeinformation fließt ein in Spurhaltung			Ein- und Ausschalten	
Automatisches Einparksystem	Manöverstart: System legt das Parkmanöver fest UND führt es aus.			Aktivieren der Parklückenvermessung, Ein- und Ausschalten	
Parkabstandsanzeige	Anzeigeinformation fließt ein in Kollisionsvermeidung			Ein- und Ausschalten	
Spiegel abblenden				Nur sekundär	

In den oben getroffenen Feststellungen finden sich mehrere Zeitangaben, die insbesondere Stabilisierung, Führung und Navigation unterscheiden: Die Stabilisierung betrachtet einen Zeithorizont von circa 0,5 Sekunden, also in etwa der Reaktionszeit des Menschen, in der er nicht nur wahrnimmt, sondern im Idealfall auch noch in der Lage ist, eine Reaktion auszuführen. Die Führung legt den Kurs der nächsten 200 m fest, was je nach Geschwindigkeit zwischen bis zu einer halben Minute (24 Sekunden bei 30 km/h) und einigen Sekunden (3,6 Sekunden bei 200 km/h) entspricht, und die Aufgaben der Navigation sind so umfangreich, dass man hier von mehreren Minuten bis – bei langen Fahrten – Stunden ausgehen muss. Dies legt nahe, die Zuteilung von Funktionen zu den Fahraufgaben von der benötigten Zeit abhängig zu machen. Das ist zwar innerhalb gewisser Grenzen zulässig und auch hilfreich, jedoch ist die Zeit nicht das definierende Kriterium.

2.2.4 Fahraufgabeneinteilung und Informationsverarbeitung

Außerdem wirken die Zeitangaben vertraut von den ebenfalls drei Ebenen der Informationsverarbeitung nach Rasmussen, wie in Kapitel 2.1.5 beschrieben. Abbildung 13 stellt die jeweils drei Ebenen gegenüber, geordnet nach der Zeit, die für die jeweilige Aufgabe zur Verfügung steht beziehungsweise für die jeweilige Ebene der Informationsverarbeitung benötigt wird.

Man erkennt, dass sich auf der Diagonalen (grüne Felder in Abbildung 13) tatsächlich die drei Stufen der primären Fahraufgabe auf die drei Ebenen der Informationsverarbeitung abbilden lassen. In vielen Fällen und für viele Fahrer sind die Tätigkeiten der Stabilisierung fertigkeitsbasiert, die der Führung regelbasiert und die der Navigation wissensbasiert (Schumann 1993, S. 7; Lermer 2010, S. 32).

Wie in Abbildung 13 anhand der Beispiele ebenfalls zu erkennen ist, kann prinzipiell aber in jeder Stufe der primären Fahraufgabe jede Ebene der Informationsverarbeitung genutzt werden (Hale et al. 1990 zitiert nach Schweigert 2002, S. 24; ⁵). Problematisch ist das dann, wenn die für die Informationsverarbeitung benötigte Zeit die von der Aufgabenstellung zur Verfügung gestellte Zeit übersteigt (orange und rote Felder in Abbildung 13).

Dies trifft auf Situationen zu, die vom Fahrer Tätigkeiten verlangen, die noch nicht genügend oder gar nicht geübt sind, so dass er auf die nächst höhere und damit langsamere Ebene der Informationsverarbeitung zurückgreifen muss. Im schlimmsten Fall muss er in einer Stabilisierungsaufgabe wissensbasiert handeln (rotes Feld in Abbildung 13). Im Gegensatz dazu sind die

⁵ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. November 2008

Fälle, in denen mehr Zeit zur Verfügung steht, als benötigt wird (weiße Felder in Abbildung 13), natürlich völlig unproblematisch.

Zur Verfügung stehende Zeit	Planen z.B. Navigation (Minuten bis Stunden)	Täglicher Arbeitsweg	Wahl zwischen vertrauten Wegen	Zurechtfinden in einer fremden Stadt
	Programmieren und Handeln z.B. Führung (Sekunden bis Minuten)	Abbiegen an einer vertrauten Kreuzung	Überholen anderer Fahrzeuge	Steuern auf einer glitschigen oder eisigen Fahrbahn
	Beobachten und Regeln z.B. Stabilisierung (Sekunden)	Um eine Kurve fahren	Ein unbekanntes Auto fahren	Fahrschüler in der ersten Fahrstunde
Aufgabe		Fertigkeitsbasiert ($< 200\text{ms}$)	Regelbasiert (Sekunden bis Minuten)	Wissensbasiert (Minuten bis Stunden)
Verarbeitungsniveau		Benötigte Zeit		

Abbildung 13: Gegenüberstellung der Einteilung der primären Fahraufgabe und der Rasmussen-Ebenen (nach Hale et al. 1990 zitiert nach Schweigert 2002, S. 24)

2.3 Gestaltungsregeln

In diesem Unterkapitel werden zunächst allgemeine Gestaltungsregeln betrachtet. Dabei werden lediglich diejenigen Gestaltungsregeln benannt, die für diese Arbeit von Bedeutung sind. Dazu zählen insbesondere die Wahrnehmungsregeln, die sich mit der optischen Gestaltung von Elementen und deren Gruppierung befassen.

2.3.1 Allgemeine Regeln

Die folgenden allgemeinen Regeln behandeln hauptsächlich die Optik der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Sie gehen dabei sowohl auf Farben und Zeichengrößen, als auch auf die Verwendung und Gestaltung von Symbolen ein. Das Ziel dieser Regeln – wie auch der systemergonomischen Gestaltungsmaximen – ist es, den mentalen Aufwand bei der Informationsaufnahme und -dekodierung so gering wie möglich zu halten.

2.3.1.1 Farbauswahl

Die maßgebende Größe für die Verwendung von Farben ist der Leuchtdichtekontrast, also der Unterschied zwischen der Leuchtdichte des Hintergrunds und der Leuchtdichte des Zeichens oder Symbols (DIN EN ISO 15008, S. 9 ff). Die entsprechende DIN-Norm (DIN EN ISO

15008) gibt den minimalen Leuchtdichtekontrast abhängig von den Tageslichtbedingungen mit 2:1 bis 5:1 an. Dieser Kontrast darf also durch die Farbwahl nicht unterschritten werden.

Zusätzlich gibt die Norm bestimmte Farbkombinationen vor, die aus psychologischer und physiologischer Sicht zu bevorzugen sind. Tabelle 3 zeigt diese Kombinationen. Außerdem enthält sie den Hinweis auf die chromatische Aberration, also das bei Verwendung von reinem Rot oder Blau, den entgegengesetzten Grenzen des Spektrums des sichtbaren Lichts, auftretende Fokusproblem der Linse des menschlichen Auges. Die Kombination von rot und blau an direkt aneinander grenzenden Flächen ist deswegen unbedingt zu vermeiden. Ebenso sollten keine Farben benutzt werden, denen eine bestimmte Bedeutung zugeordnet wird, nämlich grün, das normale, ungefährliche Zustände signalisiert, orange, das anormale Zustände oder Vorwarnzustände bedeutet, und rot, das Gefahr und akute Warnung vermittelt (ISO 2575, S. 3).

Tabelle 3: Farbkombinationen für Zeichen und Hintergrund (nach DIN EN ISO 15008, S. 12)

Hintergrundfarbe	Farbe des Zeichens						
	weiß	gelb	orange	rot purpurn ^a	grün, cyan	blau ^a , violett	schwarz
weiß		-	o	+	+	++	++
gelb	-		-	o	o	+	++
orange	o	-		-	-	o	+
rot purpurn ^a	+	o	-		-	-	+
grün, cyan	+	o	-	-		-	+
blau ^a , violett	++	+	o	-	-		-
schwarz	++	++	+	+	+	-	
++ sehr gut							
+ gut							
o akzeptabel bei signifikanten Unterschieden in der Farbsättigung							
- nicht empfehlenswert							
a Reines Rot oder Blau sollte vermieden werden, da die Augen aufgrund der chromatischen Aberration möglicherweise Probleme beim Fokussieren dieser Farben haben							

2.3.1.2 Schriftbild

Das Schriftbild umfasst neben Vorgaben über Höhe, Breite und Strichstärke auch Überlegungen zu Schriftart, Zeichenabstand, Ausrichtung, Groß-/Kleinschreibung und Markierungseffekten. Hier sollen nur einige Punkte herausgegriffen werden, die für Anzeigen und Bedienelemente von Bedeutung sind.

Der maximale Abstand zwischen Display und Auge ist beim Schriftbild der bestimmende Faktor (DIN EN ISO 15008, S. 12). Er hängt sehr stark von der Sitzposition des jeweiligen Fahrers und dessen anthropometrischen Daten ab. Daher wird beispielsweise die Schriftzeichenhöhe nicht als absolutes Längenmaß, sondern als Winkelmaß des Seh winkels angegeben, wie in Tabelle 4 gezeigt.

Weitere Details zum Schriftbild, insbesondere Zeichenbreite und Zeilenabstand, finden sich in der bereits genannten DIN-Norm (DIN EN ISO 15008, S. 12 f). Sie werden hier nicht wiedergegeben, da sie für die Anzeigen und Bedienelemente, wie sie in dieser Arbeit betrachtet werden, nämlich als Konzeptstereotypen, nicht von Bedeutung sind.

Zum Schriftbild ist generell noch zu sagen, dass die Benutzung von Groß- und Kleinschreibung der Beschriftung allein mit Großbuchstaben, wie sie bei der Darstellung früher Punktmatrixanzeigen benutzt wurde, vorzuziehen ist. Reine Großbuchstabenverwendung erfordert auf Bildschirmanzeigen weniger Pixel, beim heutigen Stand der Anzeigentechnik ist ein Verzicht auf Groß- und Kleinschreibung aber nicht mehr akzeptabel. Die Technologie, die normalerweise zur Bedienelementbeschriftung benutzt wird, erfordert den Verzicht auf Kleinbuchstaben ebenfalls nicht.

Tabelle 4: Schriftzeichenhöhe (nach DIN EN ISO 15008, S. 13)

Bogenminuten	Radiant ^b	Eignung
24	$6,98 \times 10^{-3}$	Empfehlenswert
20	$5,82 \times 10^{-3}$	Akzeptabel, wenn Farbe als kodierende Größe eingesetzt wird
18	$5,24 \times 10^{-3}$	Akzeptabel, wenn Farbe nicht als kodierende Größe eingesetzt wird
15	$4,36 \times 10^{-3}$	Wenn die Anforderungen an die Genauigkeit und Lesegeschwindigkeit gering sind oder wenn die Lesbarkeit eine untergeordnete Rolle spielt (z.B. bei Indices)
b Wenn dieser Wert mit der Betrachtungsentfernung multipliziert wird, ergibt sich die aktuelle Zeichengröße (gleiche Maßeinheit)		

2.3.1.3 Symbole

Der Gebrauch von Symbolen kann die Erkennung von Objekten verglichen mit einer rein textuellen Darstellung oder Beschriftung beschleunigen, da sich piktographische Informationen leichter dekodieren lassen, als schriftliche Informationen (Ross 2001, S. 44; Campbell 2004, S. 2 – 5). Es ist deshalb sinnvoll, wichtigen Bildschirmelementen und anderen Elementen Symbole voranzustellen beziehungsweise aufzudrucken, um deren schnelle Erkennung zu gewährleisten.

Ein eindeutiger, erklärender Text darf aber nicht weggelassen werden, wenn das Symbol nicht absolut eindeutig ist und als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann. Bei Bedienelementen ist in der Regel kein Platz für zusätzlichen Text, umso wichtiger ist daher hier der Einsatz von allgemein gültigen Symbolen, wie beispielsweise denen der ISO-Norm 2575 (ISO 2575).

Ein weiterer Vorteil von Symbolen gegenüber Text ist die Unabhängigkeit von der Sprache. Grundsätzlich gelten für Symbole die gleichen Grundregeln wie für das Schriftbild im Bezug auf zu verwendende Farben, Symbolgröße und Strichbreite.

Ein wichtiger Punkt ist die Auswahl des dargestellten Bildes und dessen Zusammenhang mit dem tatsächlichen Objekt, für das das Symbol steht. Idealerweise zeigt das Symbol eine vereinfachte Darstellung des tatsächlichen Objekts selbst, wie beispielsweise einen Telefonhörer für die Telefonfunktion (Campbell 2004, S. 2-8).

Dies gilt auch, wenn das prinzipielle Teil, hier der Telefonhörer, modernisiert wurde. Der klassisch gebogene Telefonhörer (zum Beispiel von einem Wählscheibentelefon) ist heute so gut wie nicht mehr im Festnetzgebrauch zu finden, und im Auto ist er entweder durch eine Halterung für das Mobiltelefon oder gleich durch eine Freisprechanlage ersetzt worden. Dennoch ist ein klassischer Telefonhörer, wie ihn Abbildung 14 zeigt, für die meisten Menschen ein eindeutiges Symbol für eine Telefonfunktion.

Ist das tatsächliche Objekt zu abstrakt, um es zu verbildlichen, kann auf eine Prinzipdarstellung zurückgegriffen werden, die allerdings an Eindeutigkeit verliert und oft nur noch in Zusammenhang mit einem umgebenden Kontext interpretiert werden kann, beispielsweise ein Blitz-Symbol wie in Abbildung 14 zu sehen, das auf einer Photokamera für einen Lichtblitz steht, auf

einem elektrischen Gerät aber für Strom führende Teile beziehungsweise Elektrizität (Campbell 2004, S. 2-8).

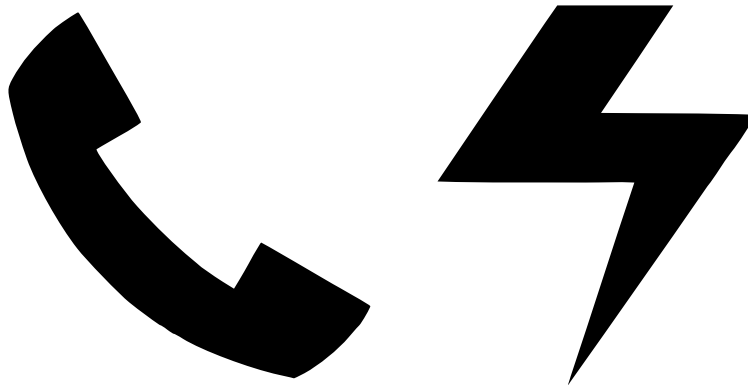


Abbildung 14: *Symbol Telephonhörer und Symbol Blitz aus ISO 2575, S. 52. Der abgebildete Telephonhörer ist in der Realität kaum mehr vorhanden, funktioniert aber immer noch als Symbol. Ein Blitz steht auf einer Photokamera für einen Lichtblitz, auf vielen anderen Geräten für Elektrizität.*

Ist auch dies aufgrund der Abstraktheit des darzustellenden Begriffs nicht möglich, muss ein Symbol gefunden werden, das durch allgemeine Konvention oder Wissen eine Bedeutung erhält, wie zum Beispiel das rote, senkrecht stehende Kreuz, das für sich genommen nur ein Kreuz ohne Zusammenhang ist, von den meisten Menschen aber mit medizinischer Hilfe in Verbindung gebracht wird (Campbell 2004, S. 2-8). Dieser extreme Grad der Abstraktion ist nach Möglichkeit zu vermeiden, denn er setzt, eine vorher getroffene Konvention über die Bedeutung des Symbols voraus, die häufig auch kulturell und sprachlich unterschiedlich ausfallen kann.

Unbedingt zu vermeiden sind noch abstraktere Darstellungen von Metaphern oder Sprichwörtern, zum Beispiel eine Nadel und ein Heuhaufen für die Suchfunktion, denn dies setzt die regional und kulturell zum Teil stark eingeschränkte Kenntnis der entsprechenden Metapher oder des Sprichworts voraus. Generell ist der Wissensstand der Nutzergruppe wichtig: Bei Autofahrern ist anzunehmen, dass sie die häufigsten Verkehrszeichen und deren Bedeutung kennen, oder bei Benutzern des Betriebssystems Microsoft Windows, dass sie die Symbolwelt dieser Software kennen, wie den Stern, der anders als bei vielen anderen Betriebssystemen die Favoriten symbolisiert.

2.3.1.4 Fitts's Law

Zum Abschluss der allgemeinen Regeln sei hier noch die Theorie von Paul Fitts (engl.: „Fitts's Law“) genannt, welche im Wesentlichen besagt, dass die Zeit, die ein Mensch für eine zielgenaue Bewegung einer Gliedmaße – und im übertragenen Sinne auch eines Mauszeigers – benötigt, von zwei Größen abhängt, nämlich dem Weg zwischen Ausgangslage und Ziellage und der Größe des Ziels selbst (Fitts 1954 zitiert nach MacKenzie 1992, S. 95 ff). Dabei ist das mathematische Modell hier weniger von Belang als die Erkenntnis, dass fast jede Bedienungshandlung zunächst eine Bewegung auf das Bedienelement zu enthält, und dass sich folglich die Geschwindigkeit einer Bedienungshandlung durch die genannten Faktoren wesentlich beeinflussen lässt.

Was bei der Gestaltung von Mensch-Computer-Schnittstellen besondere Anwendung in der Ausnutzung „unendlicher“ Zielflächen an den Bildschirmkanten findet, zum Beispiel zur sicheren Auswahl von Menüs (Apple 2008, S. 175 ff), lässt sich auch auf reale Bedienelemente anwen-

den: Bedienelemente für Funktionen, die besonders schnell bedient werden müssen, sollten besonders groß und dem Benutzer besonders nahe sein. Insbesondere kann die Größe eines Bedienelements die anthropometrisch notwendige Mindestgröße in diesem Zusammenhang überschreiten. Auch die Abstände zwischen Bedienelementen sind vor diesem Hintergrund nicht nur anthropometrisch bedingt, sondern auch von Fitts's Law beeinflusst – je nach der erwünschten Bediengeschwindigkeit wichtiger oder weniger wichtiger Funktionen.

2.3.2 Wahrnehmungsregeln

Nach den allgemeinen Regeln sollen nun speziell die Wahrnehmungsregeln betrachtet werden, denn sie spielen eine wesentliche Rolle bei der optischen Gestaltung im gesamten Anzeige- und Bedienkonzept. Mit ihrer Hilfe lassen sich viele Informationen auf sehr einfache Weise transportieren. Daher werden im Folgenden die Wahrnehmungsregeln – auch Gestaltgesetze genannt – aufgezählt und beschrieben.

Gesetz der Nähe

Das Gesetz der Nähe besagt, dass Objekte, die nahe beieinander stehen, als zusammengehörig empfunden werden (Bubb 1993 b, S. 337; Haeberle 1999, S. 58). Dadurch lassen sich Objekte sehr leicht gruppieren. In Abbildung 15 links sieht man zwei Anordnungen von jeweils zwölf mal zwölf schwarzen Punkten. Die linke Anordnung ist in der Höhe gestaucht, so dass jeder Punkt näher an den Punkten ober- und unterhalb als an den Punkten rechts und links liegt. Man gewinnt den Eindruck, dass die Punkte lotrechte Linien bilden. Die rechte Anordnung ist in der Breite gestaucht, so dass man entsprechend waagrechte Linien wahrnimmt.

Die Übertragung auf Bedienelemente ist im rechten Teil der Abbildung 15 zu sehen: Jeweils zwei übereinander angeordnete Drehsteller bilden offenbar eine Gruppe, so dass sich hier zwei Gruppen ergeben. Sehr einfach ließe sich so zum Beispiel eine Anordnung realisieren, die dem Benutzer eindeutig vermittelt, dass die beiden rechten Drehsteller Luftstrom und Temperatur für einen Lüftungsauslass einstellen, die beiden linken jene für einen anderen Lüftungsauslass.

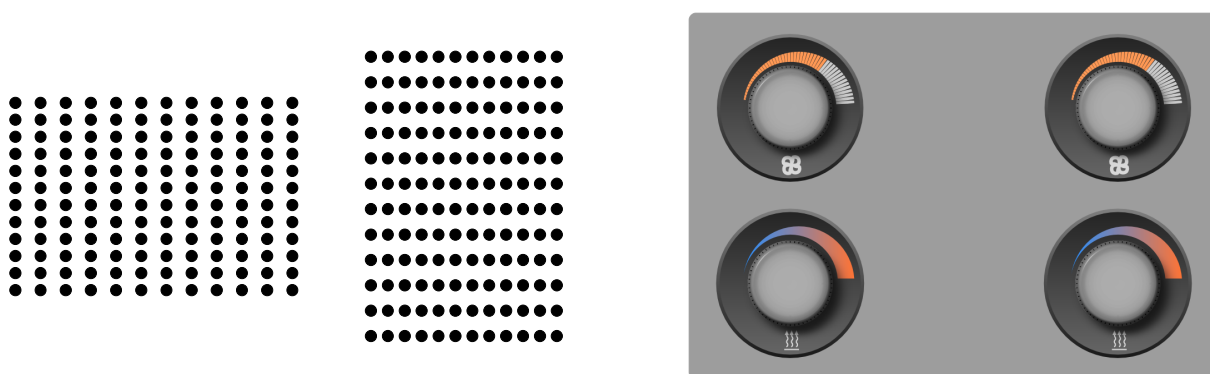


Abbildung 15: Gesetz der Nähe

Gesetz der Ähnlichkeit

Das Gesetz der Ähnlichkeit stellt fest, dass ähnliche Objekte als zusammengehörig empfunden werden (Bubb 1993 b, S. 337; Haeberle 1999, S. 58). Auch dieser Mechanismus kann zur Gruppierung genutzt werden. Abbildung 16 zeigt leicht vergrößert die in der Höhe gestauchte Anord-

nung von Punkten aus Abbildung 15, allerdings ist in den lotrechten Reihen diesmal jeder zweite Punkt weiß ausgefüllt. Das führt dazu, dass gleiche Punkte – also die schwarz ausgefüllten und die weiß ausgefüllten – waagrechte Reihen bilden. Da in diesem Fall die Gesetze der Ähnlichkeit und der Nähe gegeneinander wirken, ist man unentschlossen, welche Reihen man erkennen soll und kann das Bild sogar kippen lassen.

Die Übertragung auf die Bedienelemente ist in Abbildung 16 rechts zu sehen: Das Gesetz der Ähnlichkeit gruppiert die horizontal nebeneinander liegenden Drehsteller beziehungsweise Drehknebel, das Gesetz der Nähe die vertikal übereinander liegenden Bedienelemente. Es ist also darauf zu achten, dass die Gesetze nicht gegeneinander wirken, beziehungsweise – wenn es sich nicht vermeiden lässt – dafür sorgen, dass eines klar dominiert.

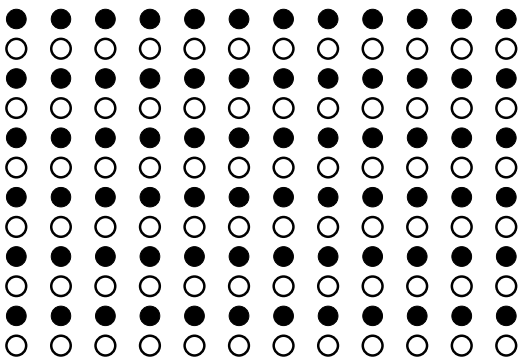


Abbildung 16: Gesetz der Ähnlichkeit

Gesetz des glatten Verlaufs

Das Gesetz des glatten Verlaufs sagt aus, dass man dort, wo sich Linien oder Konturen kreuzen, zunächst einmal annimmt, dass eine Linie gerade verläuft, statt einen Knick zu haben (Bubb 1993 b, S. 337; Haeberle 1999, S. 58). Anders ausgedrückt werden Objekte so aufgefasst, dass die Linien „möglichst wenig Sprungstellen aufweisen“ (Bubb 1993 b, S. 337).

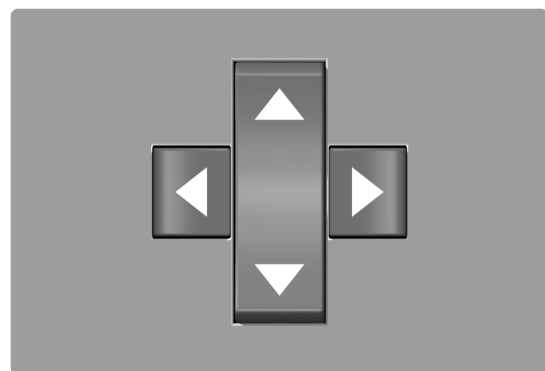
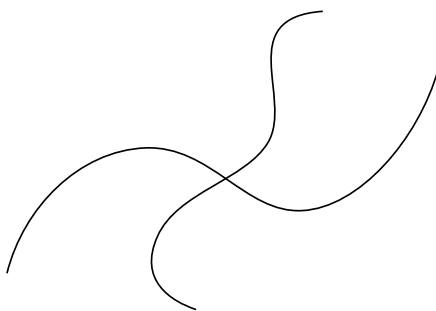


Abbildung 17: Gesetz des glatten Verlaufs

In Abbildung 17 links sieht man zwei relativ unregelmäßige Linien, die sich kreuzen. Trotz des nicht sehr geraden Verlaufs der einzelnen Linien kann man jede Linie im Kreuzungspunkt eindeutig weiterverfolgen. Theoretisch könnten auch zwei Kurven mit je einem Knick dargestellt

sein, die sich berühren. Man geht aber bevorzugt von einem geraden Verlauf aus, was bei Diagrammen oder Beschriftungen von Vorteil sein kann.

Rechts in Abbildung 17 sieht man, wie sich dieses Gesetz bei Bedienelementen ausnimmt: Die vertikal stehende Wippe trennt die beiden Einzeltasten. Dennoch können die beiden einzelnen Tasten leicht als eine waagrechte Wippe wahrgenommen werden, die hinter der senkrechten gerade weiter verläuft, weil die horizontalen Kanten der Tasten sich bei glatter Verlängerung treffen. Auch Symmetrie spielt hierbei eine Rolle, diese gehört allerdings zum nun folgenden Gesetz der guten Gestalt.

Gesetz der guten Gestalt

Das Gesetz der guten Gestalt umfasst mehrere Gesetzmäßigkeiten, die zu einer guten Gestalt beitragen. Die wesentliche Aussage besteht darin, dass man wahrgenommene Linien zu möglichst einfachen und geschlossenen (Gesetz der Geschlossenheit) Objekten zusammenfasst (Bubb 1993, S. 337; Haeberle 1999, S. 56 f.). Die beiden Kreise in Abbildung 18 links werden sofort als solche wahrgenommen, auch wenn einer teilweise verdeckt ist beziehungsweise eigentlich gar kein Kreis ist. Dass der Ausschnitt aus diesem Kreis auch Teil der Figur sein könnte, die dann eben kein Kreis ist, scheint dem Auge unwahrscheinlich, man geht lieber von einem geschlossenen, regelmäßigen und symmetrischen – aber eben teilweise verdeckten – Kreis aus, da dieser die einfachere geometrische Figur repräsentiert.

Die menschliche Wahrnehmung bevorzugt also einfache Formen und ergänzt die notwendigen Linien zu diesen Formen selbständig. Das Gesetz der Geschlossenheit besagt, dass eine Linie bevorzugt als Begrenzung einer Fläche angenommen wird und daher geschlossen sein muss. Das damit zusammenhängende Gesetz der guten Gestalt sagt aus, dass geometrisch einfache Formen bevorzugt werden.

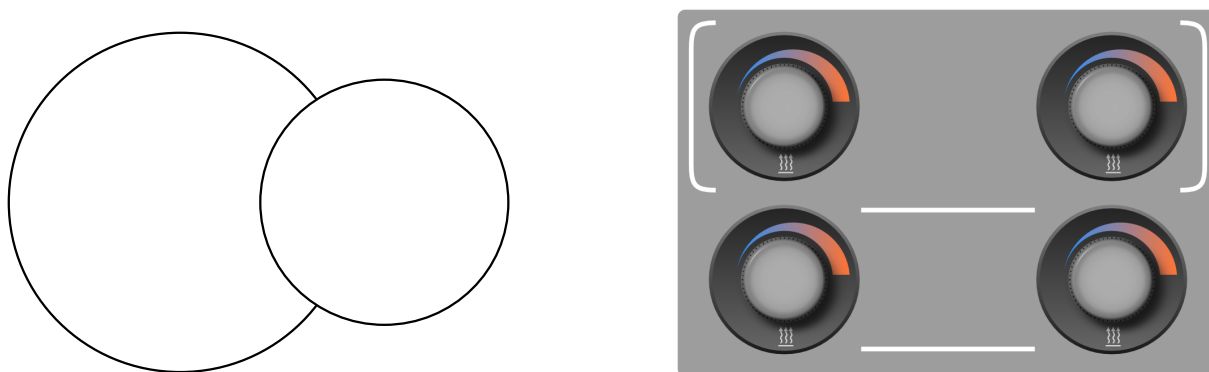


Abbildung 18: Gesetz der guten Gestalt und der Geschlossenheit

Für Bedienelemente bedeutet das zunächst, möglichst einfache Formen zu wählen und deren Kontur klar darzustellen. Dies kann durchaus im Konflikt mit Aspekten der Ästhetik stehen, welche hier aber nicht vertieft werden sollen. Des Weiteren kann das Gesetz dazu genutzt werden, mit einfachen Mitteln Bedienelemente zu gruppieren, indem man sie mit einer nicht notwendigerweise geschlossenen, aber guten Gestalt einrahmt. Abbildung 18 rechts zeigt zwei Beispiele: Die oberen beiden Drehsteller werden von zwei Klammern zusammengehalten. Obwohl die Klammern sehr weit auseinander stehen, werden sie in der Wahrnehmung zu einem geschlossenen Rahmen ergänzt, der die Drehsteller umfasst. Ähnliches passiert bei den beiden unteren Drehstellern – die beiden waagrechtlichen Linien werden im Geiste zu den Umfängen der Drehstel-

ler hin verlängert und verbinden damit die Drehsteller zu einer Einheit, obwohl sie sie gar nicht berühren.

Gesetz des gemeinsamen Schicksals

Das Gesetz des gemeinsamen Schicksals besagt, dass in der Wahrnehmung Objekte mit einem gemeinsamen Verlauf von Bewegung oder Transformation als Einheit betrachtet werden (Haeberle 1999, S. 58). Ein solches gemeinsames Schicksal wird natürlich immer erst bei längerer Beobachtung beziehungsweise bei aktiver Manipulation deutlich, ein statisches Bild kann dieses Gesetz nicht vermitteln. Die in Abbildung 19 aufgeführten Beispiele zeigen aber, wie dieses Gesetz bei bekannten Bedienmöglichkeiten greift.

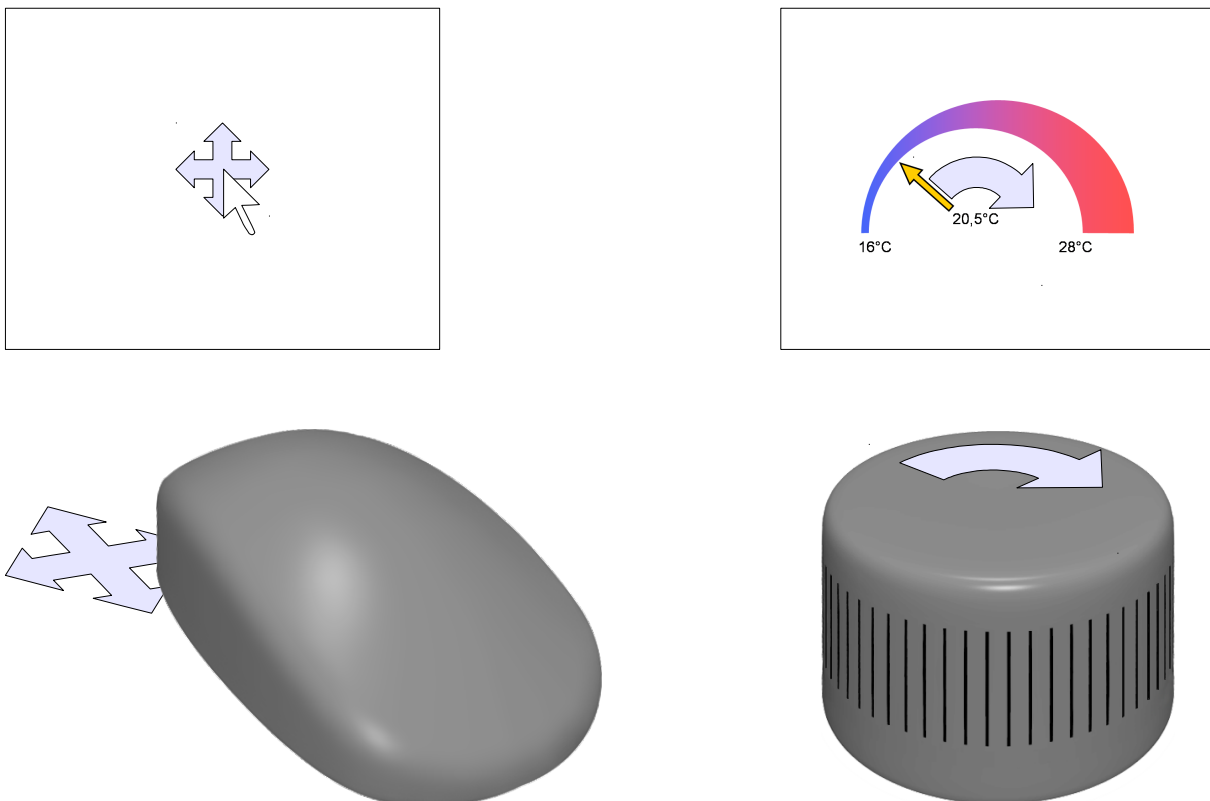


Abbildung 19: Gesetz des gemeinsamen Schicksals

Abbildung 19 links zeigt die typische Computer-Bedienung mit einer Maus. Der Mauszeiger auf dem Bildschirm bewegt sich zur gleichen Zeit und in dieselbe Richtung wie die Maus selbst. Dabei wird klar, dass die zeitliche Kopplung der beiden Objekte entscheidend dafür ist, ob die Bewegungen der einzelnen Objekte als gemeinsame Bewegung wahrgenommen wird oder als zwei einzelne Bewegungen. Wie schon im Kapitel 2.1.2.2 festgestellt, darf der Zeitverzug der Reaktion des Mauscursors auf die Bewegung der Maus allerhöchstens 0,2 Sekunden betragen. Damit die Bewegungen als wirklich synchron wahrgenommen werden, sollte die Verzögerung sogar noch kleiner sein. Nur dann greift das Gesetz des gemeinsamen Schicksals und die beiden Objekte – hier Maus und Mauszeiger – werden als Einheit aufgefasst.

Ein weiteres Beispiel ist in Abbildung 19 rechts zu sehen: Ein realer Drehsteller wird durch einen Zeiger und eine Skala abgebildet. Nur wenn die Bewegung des Zeigers mit der des Bedienelements zeitlich exakt übereinstimmt, dann wird das gemeinsame Schicksal erkannt und

die Verbindung zwischen der Skala und dem realen Element wird im inneren Modell des Benutzers hergestellt (vergleiche auch Rückmeldung in Kapitel 2.1.2.2).

Überhöhung des Kontrastes

Die Überhöhung des Kontrastes ist weniger eine Wahrnehmungsregel, als ein Mechanismus der menschlichen Wahrnehmung, der bereits auf der Ebene der Nervenzellen wirkt. Ohne auf die anatomischen und elektrochemischen Zusammenhänge – nachzulesen bei Bubb (Bubb 1993 b, S. 335 f) und Müller-Limmroth (Mueller-Limmroth 1993, S. 31 ff) – im Detail eingehen zu wollen, sei hier festgestellt, dass die Nervenzellen der Netzhaut des Auges durch gegenseitige Rückkopplung Kontrast überhöhen und dadurch Kanten hervorheben (Bubb 1993 b, S. 335; Mueller-Limmroth 1993, S. 35). Dies gilt nicht nur für den optischen Sinneskanal, sondern auch für die zeitliche Reizwahrnehmung: Die „Flanke eines Signals“ (Bubb 1993 b, S. 335), also das Eintreten oder Verschwinden eines Reizes wird verstärkt wahrgenommen, verglichen mit demselben Reiz bei konstanter Präsenz (Bubb 1993 b, S. 335).

Übertragen auf Bedienelemente und Anzeigen bedeutet das, dass Kanten besonders deutlich gesehen werden. Dies lässt sich zum Beispiel bei Zeigerinstrumenten oder Knebelschaltern ausnutzen. Kanten werden leichter und damit auch schneller erfasst als beispielsweise Farb- oder Helligkeitsveränderungen einer homogenen Fläche. Übertragen auf akustische Anzeigen bedeutet die Überhöhung des Kontrastes, dass intermittierende Töne deutlicher aufgenommen und auch als dringender interpretiert werden als ein Dauerton.

3 Methode der Analyse realer Fahrzeuge

Ausgehend von diesen theoretischen Grundlagen folgt nun die Methode der Analyse realer Fahrzeuge und deren Bedien- und Anzeigenelemente. Sie ist die Basis für alle weiteren Überlegungen und wird deswegen hier losgelöst von den Komponenten „Nutzerfunktionen“, „Bedienelemente“, „Anzeigenelemente“ und „Bedien- und Anzeigeorte“ betrachtet. Behandelt werden hier auch lediglich die alle Bereiche übergreifende Methode und die Durchführung der Analyse – die Schlussfolgerungen für die Komponenten folgen in den jeweiligen Kapiteln.

Die Analyse besteht aus der Betrachtung von in realen Fahrzeugen eingebauten Bedien- und Anzeigenelementen sowie der Erfassung der durch sie bedienten beziehungsweise angezeigten Nutzerfunktionen. Sowohl für die Elemente als auch für die Nutzerfunktion werden dabei weitere Kriterien erfasst. Im Wesentlichen soll hier erklärt werden, welche Kriterien bei der Analyse benutzt werden, da sich aus ihnen die Element-Eigenschaften der jeweiligen Komponenten herleiten.

Im Folgenden werden zunächst die allgemeinen Kriterien der Analyse beschrieben, danach die Initialbefüllung der Nutzerfunktionen und des Bedienelemente-Satzes aus der Literatur und anschließend die Klassifikation von Bedien- und Anzeigeorten. Zum Abschluss werden die untersuchten Fahrzeuge kurz aufgelistet.

3.1 Allgemeine Kriterien für die Analyse

Da zum Zeitpunkt der initialen Analyse das exakte weitere Vorgehen und insbesondere die Methoden zum Fund der Optima noch nicht feststehen, wird angestrebt, so viele und so umfassende Informationen über die Elemente in den realen Fahrzeugen zu erfassen, wie möglich, um danach entsprechende, noch nicht abschätzbare Erkenntnisse daraus abzuleiten. Tabelle 5 zeigt

alle Kriterien, die bei der Analyse benutzt werden. Sie ergeben sich zum großen Teil aus Expertengesprächen^{6,7}. Die erste Spalte in Tabelle 5 führt eine ordnende Kategorie auf, die zweite Spalte das jeweilige Kriterium selbst. Die dritte Spalte enthält eine exakte Beschreibung des Kriteriums, größtenteils mit den möglichen Ausprägungen. Zum besseren Verständnis enthält die vierte Spalte als Beispiel die Daten eines erfassten realen Bedienelements.


Nach den ordnenden Kategorien teilt sich die Analyse im Wesentlichen in drei Abschnitte, nämlich die Aufgabe – also die Nutzerfunktion des betrachteten Elements, das Element selbst die Rückmeldung beziehungsweise Anzeige der Funktion. In den Kriterien der Aufgabe erkennt man leicht die in Kapitel 2.1.2.1 betrachteten systemergonomischen Merkmale des Aufgabeninhalts. Gleiches gilt für den Bereich der Auslegung, welcher aber bereits zum Element selbst zählt. Bei den Kriterien des Elements wird in der Beschreibung mehrfach auf die nachfolgenden Unterkapitel verwiesen, in denen auf diese Kriterien und ihre Ausprägungen genauer eingegangen wird. Die Kriterien der Rückmeldung schließlich wenden die Theorie aus Kapitel 2.1.2.2 an.

Tabelle 5: Strukturierte Auflistung aller erfassten Kriterien bei der Analyse realer Fahrzeuge

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Ordnung	Lfd. Nummer	Über gesamte Analyse als Ordnungskriterium aller erfassten realen Elemente	46
	Elementname	zum Beispiel Lichtschalter, Temperaturregler, etc.	Umluft-Taste
Fahrzeug	Hersteller		BMW
	Baureihe	Wenn nicht eindeutig mit Baujahr/Generation	E65 (7er von 2001)
Bedienen / Anzeigen	Aus systemergonomischer Sicht	Stellteil oder Anzeige	Beides kombiniert
	Aus Laiensicht	Stellteil oder Anzeige	Bedienelement
Aufgabe	Funktion / Fahrerwunsch	Beschreibung der hinterlegten Funktion (Funktionsstereotypen werden später abgeleitet, hier freie Beschreibung)	Schließen und Öffnen der Umluftklappe, Ein- und Ausschalten der Umluft-Automatik
	Funktionskategorie der Funktionsliste	Siehe weiter unten in Kapitel 3.2	2.1 Klimatisierung Hardkeys
	Funktion der Funktionsliste	Siehe weiter unten in Kapitel 3.2	manuelle Umluftfunktion ein / aus
	Aufgabentyp	Primäre, sekundäre oder tertiäre Fahraufgabe	tertiär
	Führungsart	Dynamisch / statisch	statisch
	Bedienung	Simultan / sequentiell	sequentiell
	Dimensionen	der Aufgabe	1
	Stufen / Möglichkeiten	Anzahl der Auswahlmöglichkeiten, die die Funktion anbietet	3
	Aufzählung der Möglichkeiten	Beschreibung der einzelnen Auswahlmöglichkeiten	offen / geschlossen / automatisch
	Generische Funktion	Typ der Nutzerfunktion (siehe auch weiter unten in Kapitel 3.2)	Betriebszustand wählen
Auslegung	Darstellungsart	Kompensations- / Folgeaufgabe	
	Steuerungsart	Aktiv / monitiv	aktiv

6 Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 2. Juli und 13. August 2007

7 Gespräche mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 3. Juli und 2. August 2007

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Bedienelement / Anzeigenelement	Dimensionen	des Stellteils oder der Anzeige	1
	Rasten	Stabile Positionen des Bedienelements (siehe auch Kapitel 5.1.2)	1
	Schaltstellungen	Funktionsauslösende Positionen des Bedienelements (siehe auch Kapitel 5.1.2)	2
	Aufzählung der Schaltstellungen	Beschreibung der einzelnen Bedienelementpositionen	gedrückt / nicht gedrückt
	Wirkungsweise	Analog / digital (diskret)	digital
	Position im Fahrzeug	Siehe weiter unten in Kapitel 3.4	Armaturenbrett Mitte
	Orientierung	<ul style="list-style-type: none"> – Horizontal – Vertikal – Fzg.-Längsachse 	X-Achse (Fzg-Achse)
	Übergeordnete Bauteile	zum Beispiel Lichtschaltzentrum, Radiobedienteil, Lenkrad, etc.	Klimabedienteil
	Beschriftung / Symbolik	Text und Symbolik auf dem Stellteil oder der Anzeige: <ul style="list-style-type: none"> – keine – Symbol – Text – Symbol & Text – dynamisch 	Symbol, Pfeilkreis und Pfeilkreis mit A
	Photo	Photo vom konkreten Stellteil	
	Funktionsprinzip	Stellteiltypen nach DIN EN 894-3, siehe weiter unten in Kapitel 3.3	Tastknopf
	Besonderheiten	zum Beispiel Langdruck, 2 instabile Druckpunkte, usw.	keine
Rückmeldung	Anzeigeprinzip	<ul style="list-style-type: none"> – Analog zeigerfest – Analog skalenfest – Analog durch Stellteil – Digital durch Stellteil – Digital – Hybrid – nicht anwendbar 	digital
	Rückmeldungskanal	<ul style="list-style-type: none"> – Haptisch – Akustisch – Optisch – Olfaktorisch – Kinästhetisch – Haptisch aktiv – Kombinationen daraus 	optisch
	Nähe zur Bedienung	<ul style="list-style-type: none"> – wie Element – räumlich getrennt – durch bediente Funktion 	wie Element
	Stufen der Rückmeldung	Anzahl der Anzeigemöglichkeiten	3
	Aufzählung der Möglichkeiten	Beschreibung der einzelnen Anzeigemöglichkeiten	rechte LED an, linke LED an, beide aus
	Verzögerung	Zeitverzug	keine
	Art der Erfolgsfeststellung	Erfolg der Benutzerbedienung im Gegensatz zur bloßen Bedienungsannahme	Klappen hörbar

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Rückmeldungs-Position im Fahrzeug	Vergleiche weiter unten mit Kapitel 3.4	Armaturenbrett Mitte
	bei Statusanzeige	nicht anwendbar / zeigt Ist-Status / zeigt Ziel-Status	zeigt Ist-Status
Allgemein	Bemerkung	Zusätzliche Anmerkungen außerhalb der bisherigen Kategorien	Symbol ist nicht das ISO-Symbol. Im Automatikmodus gibt es keine Möglichkeit zur Überwachung, daher nicht monitiv. Entweder je eine LED an, oder beide aus. Die Modi müssen der Reihe nach ausgewählt werden, daher sequentielle Bedienung.

Bei der Durchführung der Analyse werden diese Kriterien für jedes einzelne Bedien- oder Anzeigenelement in den einbezogenen Fahrzeugen erfasst, sodass sich im Nachhinein ein umfassender Überblick über reale Elemente ergibt. Nachfolgend werden gemäß den Verweisen in Tabelle 5 die Nutzerfunktionen, Funktionsprinzipien und Positionen im Fahrzeug betrachtet.

3.2 Nutzerfunktionen für die Analyse

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Liste von Nutzerfunktionen erstellt, die als Referenz für alle folgenden Schritte fungiert. Sie basiert auf einer BMW-internen Funktionsliste, die die Nutzerfunktionen des BMW 7ers (ab November 2008) enthält und dessen Entwicklungsarbeit entstammt. Da der BMW 7er als Fahrzeug der Oberklasse zum Zeitpunkt der Analyse sozusagen als Stand der Technik gelten kann, umfasst diese Funktionsliste nahezu alle Nutzerfunktionen, die heute in einem PKW denkbar sind und kann daher als Basis für die Analyse beinahe aller Fahrzeuge herangezogen werden.

Allerdings sind hier auch viele Funktionen in einem Detailgrad enthalten, die für den Umfang dieser Arbeit überhaupt nicht notwendig sind. Aus diesem Grund wird die genannte, eigene Liste für diese Arbeit erstellt, die alle für die Analyse interessanten Nutzerfunktionen enthält und im weiteren Verlauf den Namen „Funktionsliste“ trägt. Dabei werden natürlich alle sekundären Funktionen berücksichtigt. Bei den tertiären Funktionen werden nur jene ausgesucht, die im Allgemeinen üblich sind oder von besonderem Interesse, wie Fahrerassistenz-Funktionen. Auch müssen natürlich alle Funktionen enthalten sein, die theoretisch mit einem eigenen Bedienelement bedient werden könnten, denn genau diese Zusammenhänge sind ja bei der Erfassung von Interesse.

Um aber den Aufwand der Analyse und den Nutzen der Ergebnisse in einem sinnvollen Verhältnis zu halten, wird auf die Analyse sehr tiefgreifender Detail- und Einstellfunktionen verzichtet. Während zum Beispiel die Kopplung eines Mobiltelefons mit dem Fahrzeug via Bluetooth noch analysiert wird, zählt die Funktion „Gerät in der Liste der gekoppelten Geräte verschieben“ nicht zu den einbezogenen. Diese Einschränkung kann problemlos gemacht werden, da nicht zu erwarten ist, dass bei den Detail- und Einstellfunktionen Fälle auftreten, die den ausgewählten Funktionen so unähnlich sind, dass sie nicht von ihnen abgedeckt würden.

Auch wenn die primäre Fahraufgabe und ihre Bedienung hier nicht im Zentrum des Interesses steht, schließt die Funktionsliste der Vollständigkeit halber auch das Fahren selbst mit ein. Wie schon im Kapitel 2.1.3 erwähnt soll jedoch das weite Feld der Analyse der Fahraufgabe hier nicht vertieft werden.

Die komplette Funktionsliste umfasst circa 300 Nutzerfunktionen. Sie befindet sich in Tabelle 35 im Anhang A auf Seite 237. Die Funktionsliste enthält neben den Nutzerfunktionen selbst auch eine grobe Einteilung der Funktionen in Themengebiete. Dabei wird nach Geräten beziehungsweise Objekten klassifiziert. Für diese Analyse kann diese Einteilung problemlos übernommen werden. Andere Möglichkeiten, Nutzerfunktionen zu klassifizieren und zu gruppieren, finden sich weiter unten in Kapitel 4.3.

Bei der Erstellung der Funktionsliste wird auch der Funktions-ID vergeben, ein eigener, im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Schlüssel im Format „Fu_xxx“, wobei Fu für Funktion steht und xxx eine fortlaufende Nummer der ausgewählten Funktionen ist. An dieser Stelle dient die Benutzung der Funktionsliste und ihrer Klassifikation lediglich dazu, dieselben Nutzerfunktionen in den verschiedenen Fahrzeugen einheitlich zu benennen und einzuteilen, um so die unterschiedlichen Auslegungen der im Grunde selben Nutzerfunktion vergleichen zu können, und das unabhängig von den durchaus abweichenden Bezeichnungen der unterschiedlichen Hersteller für die selbe Funktion beispielsweise DSC, ESP und VSC für die Fahrdynamikregelung.

Im Sinne des Baukastens ist es erstrebenswert, generische Typen von Nutzerfunktionen zu finden beziehungsweise zu definieren, die stellvertretend für die Nutzerfunktionen behandelt werden können. Da zum Zeitpunkt dieser Analyse in Unkenntnis der genauen Eigenschaften der Nutzerfunktionen noch keine Stereotypen entwickelt werden können, dient ein Satz von Funktionstypen – hier auch atomare Funktionen genannt – als Grundlage, der sich mit einigen Erweiterungen aus den Aufgabentypen bei Spies (Spies 2005, S. 20 ff) und Müller (Mueller 2006, S. 58 f) rekrutiert. Diese Aufgabentypen basieren größtenteils auf den Stereotypen der inneren Kompatibilität (vergleiche Tabelle 1 auf Seite 46). Es sind dies die Folgenden:

- Öffnen und Schließen
- Ent- und Verriegeln
- Ein- und Ausschalten (dauerhaft)
- Ein- und Ausschalten (solange bedient)
- Position einstellen (bis 6 Dimensionen)
- abstrakten analogen Wert einstellen (nicht räumlich)
- abstrakten diskreten Wert einstellen (z.B. Listenelement)
- Eins weiter oder zurück
- Funktion auslösen
- Betriebsmodus wählen (sich gegenseitig ausschließende Ein-Stufen)
- Alphanumerische Eingabe
- Erhöhen oder Verringern
- Speichern
- Abrufen

Dieser Satz generischer Funktionen reicht für die Erfassung der Nutzerfunktionen in realen Fahrzeugen zunächst aus. In Kapitel 4.3 muss er jedoch überprüft und gegebenenfalls erweitert oder ersetzt werden.

3.3 Stellteilauswahl für die Analyse

Für die Bedienelemente ist ebenfalls ein vorgefertigtes Schema sinnvoll, um die analysierten Elemente einheitlich zu benennen und zu gliedern. Im allgemeinen Sprachgebrauch ist die Benennung von Bedienelementen sehr uneinheitlich: Die Bezeichnung „Kugelknopf“ wird beispielsweise sowohl für Hebel mit entsprechend geformtem Knauf als auch für Schiebesteller benutzt. Daher wird auch hier ein vorhandenes Schema zu Grunde gelegt.

In der Literatur sind Stellteilübersichten bei Rühmann (Ruehmann 1993 b, S. 556), bei Bullinger (Bullinger 1997, S. 704) und in der DIN-Norm DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 19 ff) zu finden. Jene der DIN-Norm ist dabei die umfangreichste, jedoch umfasst keine der Übersichten alle Bedienelemente, die man heute in PKW finden kann, wie zum Beispiel Sensortaster. Das hier benutzte Schema von Bedienelementen, das dadurch gleichzeitig die initiale Befüllung des Bedienelemente-Baukastens darstellt, basiert daher auf der Übersicht der DIN EN 894-3 und wird um einige Elemente erweitert.

In Tabelle 6 ist eine repräsentative Auswahl der Bedienelemente aufgelistet, die für die Analyse der realen Bedienelemente als Stereotypen dienen. Alle Bedienelemente der Analyse sind in Tabelle 36 im Anhang B auf Seite 246 zu finden. Die Tabelle 6 enthält neben dem Namen des Stellteiltyps auch die Ordnungsnummer des Typs in der DIN EN 894-3, wobei die Elemente, die hinzugefügt worden sind, eine eigene Nummerierung geführt vom Buchstaben „E“ für „Erweiterung“ bekommen. Zum Teil tauchen Ordnungsnummern doppelt auf: Dies ist kein Fehler, sondern liegt daran, dass in der DIN EN 894-3 tatsächlich bestimmte ähnliche Stellteiltypen zu gemeinsamen Ordnungsnummern zusammengefasst sind.

Die weiteren Spalten in Tabelle 6 enthalten einige zusätzliche Informationen aus der Literatur (DIN EN 894-3, S. 19 ff), nämlich die Greifart, den zur Bedienung benutzten Teil der Hand, die Richtung der Stellkrafteinleitung und die Bewegungsart selbst. In der letzten Spalte befindet sich jeweils ein Prinzipbild aus der DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 19 ff) oder von Rühmann (Ruehmann 1993 b, S. 556) – soweit vorhanden.

Tabelle 6: Auszug aus der Stellteilliste für die Analyse realer Fahrzeuge

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Tastknopf	1	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Kipphebel	4	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Drehknopf / Rundknopf	21	Zufassungsgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Drehhebel	22	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Daumenrad	27	Kontaktgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Knebelknopf	29	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	

Bei der Analyse wird jedem erfassten realen Bedienelement ein Typ aus Tabelle 6 beziehungsweise Tabelle 36 zugewiesen. In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass ein spezielles Bedienelement sich keinem Typ zuordnen lässt und damit einen neuen Typ begründet. Solche neuen Typen werden nicht rückwirkend in das Schema eingesetzt, aber natürlich in Kapitel 5.3 berücksichtigt.

Analog wäre bei der Analyse der Anzeigenelemente ein vergleichbares Schema hilfreich. In der Literatur ist allerdings keine vergleichbare Übersicht über Anzeigenelemente zu finden, so dass hier für die Analyse der realen Elemente auch kein solches Schema wie bei den Bedienelementen benutzt werden kann. Die Anzeigeprinzipien in Tabelle 5 entsprechen der Einteilung bei Bernotat (Bernotat 1993, S. 563 f), stellen aber eigentlich keine Anzeigenelemente wie beispielsweise „Leuchtsymbol“ dar. Die Klassifikation von Anzeigen und die Erstellung einer Übersicht über Anzeigetypen findet daher erst in Kapitel 6.5 statt.

3.4 Bedien- und Anzeigorte für die Analyse

Auch bei der Erfassung der Position von Bedien- und Anzeigenelementen im Fahrzeug ist es hilfreich, ein Schema von Orten zu haben, das einerseits eine überschaubare Anzahl von Orten zum Vergleich bereitstellt, andererseits aber auch den Fahrerarbeitsplatz so genau einteilt, dass die zum Teil sehr unterschiedliche Platzierung von Nutzerfunktionen und ihren Bedienelementen in den Fahrzeugen berücksichtigt werden kann. Das hier benutzte Schema basiert nicht auf einer Vorlage, sondern orientiert sich an den offensichtlichen Gegebenheiten im Fahrzeugcockpit. Dennoch benutzt Hellmich in seinen Analysen ein etwas gröberes, aber vergleichbares Schema, was die hier gewählten Ortsklassen in etwa bestätigt (Hellmich 2010 zitiert nach Schmid 2012, S. 136).

Das bedeutet zum Beispiel, dass die Ortsklassen um den Fahrer herum etwas genauer aufgelöst werden müssen und damit etwas feiner sind, als beim Beifahrer oder gar im übrigen Fahrzeuginnenraum. Nachfolgend sind die für die Analyse benutzten Ortsklassen alphabetisch aufgelistet:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Armaturenbrett Beifahrerbereich | 7. Außenspiegel links |
| 2. Armaturenbrett links vom Lenkrad | 8. Außenspiegel rechts |
| 3. Armaturenbrett Mitte | 9. Beifahrersitz links |
| 4. Armaturenbrett oben | 10. Beifahrersitz rechts |
| 5. Armaturenbrett rechts vom Lenkrad | 11. Beifahrersitz vorne |
| 6. Armaturenbrett unten | 12. Beifahrersitz-Lehne |

13. Beifahrertür oben	31. Lenkstockhebel rechts
14. Dachhimmel	32. Mittelarmlehne Fond
15. Fahrersitz links	33. Mittelkonsole
16. Fahrersitz rechts	34. Mitteltunnel Fond
17. Fahrersitz vorne	35. Mitteltunnel links
18. Fahrersitz-Lehne	36. Mitteltunnel oben
19. Fahrertür oben	37. Mitteltunnel rechts
20. Fußraum Beifahrer	38. Motorraum
21. Fußraum Fahrer	39. Rücksitz links
22. Fußraum Fond links	40. Rücksitz rechts
23. Fußraum Fond rechts	41. Schlüssel
24. HeadUp Display	42. Tür hinten links
25. Innenspiegel	43. Tür hinten rechts
26. Kofferraum	44. Tür vorne links
27. Kombiinstrument	45. Tür vorne rechts
28. Lenkrad	46. Türarmlehne Beifahrer
29. Lenksäule	47. Türarmlehne Fahrer
30. Lenkstockhebel links	

Bei diesen Ortsklassen wird zunächst davon ausgegangen, dass sie Bedienelemente und Anzeigen gleichermaßen enthalten können. Bei den Kriterien „Position im Fahrzeug“ und „Rückmeldungs-Position im Fahrzeug“ stehen daher jeweils alle Ortsklassen zur Verfügung. Um die Analyse zu erleichtern, sind die Ortsklassen in Abbildung 20 visualisiert. Diese Einteilung der Anzeige- und Bedienorte in Ortsklassen ist auch die Grundlage für die Bestimmung des optimalen Anzeige- und Bedienorts, wie in Kapitel 7.2 beschrieben.

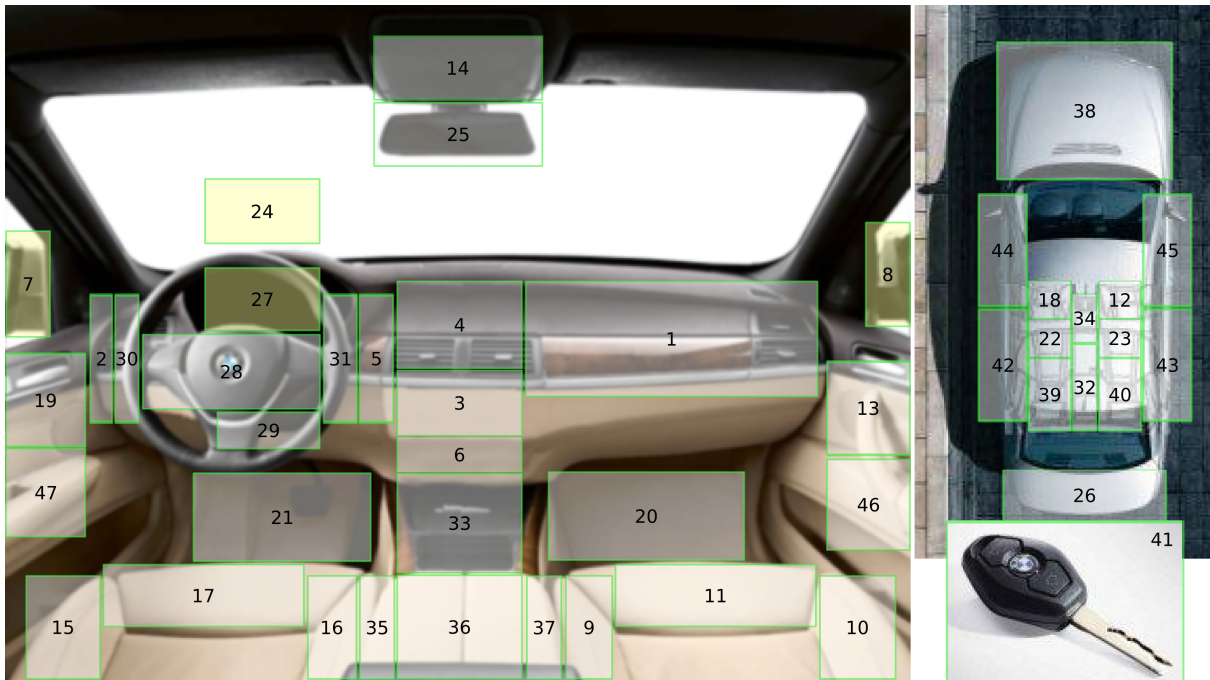


Abbildung 20: Erfassungsschema für Positionen im Fahrzeug für die Analyse

3.5 Analyisierte Fahrzeuge

Das Ziel der Analyse realer Fahrzeuge ist in erster Linie, eine Grundbefüllung des Bedienelemente-Baukastens zu erhalten, das heißt, sie dient dazu, möglichst viele Bedienelementtypen und Bedienprinzipien kennenzulernen, die in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. Daher wird bei der Auswahl der Fahrzeuge weniger Wert auf Ausgewogenheit und Gleichverteilung der Hersteller und Klassen gelegt als auf einen soliden Grundstock an Nutzerfunktionen und den Einbezug möglichst vieler Exoten in unterschiedlichen Belangen.

Als Basis wird beispielhaft der Hersteller BMW ausgewählt, weil es sich damit einerseits um einen deutschen Hersteller mit einem gewissen Absatzvolumen handelt, der deswegen zumindest für deutsche Hersteller als repräsentativ gelten kann, und weil damit andererseits eine Premiummarke betrachtet wird, was eine eher hohe Anzahl von Funktionen und damit Bedienprinzipien erwarten lässt. Die Auswahl der Fahrzeuge enthält also zunächst einige repräsentative Modelle der zum Zeitpunkt der Analyse aktuellen Produktpalette dieses Herstellers.

Um die Auswahl weiter zu fächern und sich nicht schlimmstenfalls auf BMW-Spezifika zu beschränken – beispielsweise verwendet neben BMW nur ein einziger weiterer Fabrikant Blinkerhebel, die nicht einrasten – werden jeweils einzelne aktuelle Fahrzeuge weiterer Hersteller in unterschiedlichen Klassen hinzugenommen. Dabei werden sowohl europäische als auch japanische Hersteller herangezogen. Zwei Fahrzeuge japanischer Hersteller sind zudem explizite US-Modelle.

Des weiteren werden historische Fahrzeuge in die Analyse mit einbezogen, um einen Überblick über die Entwicklung von Bedienprinzipien zu erhalten und zum Teil die Bedienelemente derselben Funktion über die Fahrzeuggenerationen hinweg vergleichen zu können. Abgesehen von der Citroën DS handelt es sich bei den historischen Fahrzeugen um BMW-Fahrzeuge,

schlichtweg, weil der Zugriff auf diese Fahrzeuge verhältnismäßig einfach war. Auch hier gilt aber, dass die BMW-Fahrzeuge als repräsentative Beispiele gelten können. Es folgt eine Liste der analysierten Fahrzeuge.

Aktuelle BMW-Fahrzeuge

BMW 1er (seit 2004, nach Modellüberarbeitung)
BMW 5er (2003 – 2010, nach Modellüberarbeitung)
BMW 7er (2001 – 2008, nach Modellüberarbeitung)
Rolls Royce Phantom (seit 2001)

Fahrzeuge anderer Hersteller

Alfa Romeo 159 (seit 2005)
Acura (Honda) RDX (seit 2006, US-Modell)
Audi A6 (seit 2004)
Infiniti (Nissan) M (seit 2006, US-Modell)
Lexus (Toyota) LS (seit 2006)
Mazda CX-7 (seit 2006)
Mercedes Benz C (seit 2007)
Toyota RAV4 (seit 2006)

Historische Fahrzeuge (chronologisch)

Citroën DS-19 (1955 – 1968)
BMW 5er (1972 – 1981, vor Modellüberarbeitung)
BMW Bracq Turbo (1972, Prototyp)
BMW 3er (1975 – 1983, vor Modellüberarbeitung)
BMW 3er (1975 – 1983, nach Modellüberarbeitung)
BMW 6er (1975 – 1989, vor Modellüberarbeitung)
BMW 5er (1981 – 1987, vor Modellüberarbeitung)
BMW 3er (1982 – 1994, vor Modellüberarbeitung)
BMW 5er (1987 – 1995, nach Modellüberarbeitung)
BMW Z1 (1989 – 1991)
BMW 8er Cabrio (k.A., Prototyp)
BMW 3er (1990 – 2000, vor Modellüberarbeitung)
BMW Z8 (2000 – 2003)

Bei den meisten der genannten Fahrzeuge werden im Rahmen dieser Analyse sämtliche Anzeige- und Bedienelemente entsprechend der in Kapitel 3.1 beschriebenen Kriterien erfasst. Manche Fahrzeuge, deren Innenräume sich als nahezu baugleich herausstellten – beispielsweise der BMW 5er von 1981 und der BMW 6er von 1975 – sind bewusst bei der späteren Auszählung ausgelassen, um eine Verzerrung zu verhindern.

Beispiele im weiteren Verlauf werden zeigen, dass noch weitere Fahrzeuge im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden – in der intensiven Analyse finden aber nur die hier Aufgelisteten Beachtung. Die Beschränkung der Auswahl von Fahrzeugen für die detaillierte Analyse begründet sich in einer sinnvollen Relation zwischen Erfassungsaufwand und Aussagekraft. Auf bekannte Ausreißer wie zum Beispiel den Isuzu Piazza, ein von 1981 bis 1991 gebautes Modell

mit bemerkenswerten Bediensatelliten statt Lenkstockhebeln, wird bewusst schon bei der Erfassung verzichtet, da sie zwar interessante Beispiele liefern, für die spätere Auswertung der Vorkommenshäufigkeit aber kaum relevant sind und zwar interessante Zusammensetzungen, aber keine neuen Bedienprinzipien liefern.

3.6 Ergebnisse

Als nur ein Beispiel der aus dieser Erfassung zu ziehenden Ergebnisse zeigt Abbildung 21 die Bedienorte der Nutzerfunktion Parkabstandswarner in den analysierten Fahrzeugen. Dabei sind natürlich nur die Fahrzeuge berücksichtigt, in denen diese Funktion auch eingebaut ist. Man sieht hier sehr deutlich, dass sich offenbar noch kein einheitlicher Ort für diese Funktion etabliert hat.



Abbildung 21: Bedienorte des Parkabstandswarners in den analysierten Fahrzeugen

Die weiteren, detaillierten Ergebnisse dieser Analyse finden sich in den jeweiligen Abschnitten der Hauptkomponenten in den Kapiteln 4, 5, 6 und 7, wo sie die Basis für die weitere Betrachtung dieser vier einzelnen Bereiche sind. Insbesondere die hier beschriebenen Schemata für Nutzerfunktionen, Bedienelemente-Typen und Ortsklassen werden an den entsprechenden Stellen aufbauend auf der hier beschriebenen Analysemethode verfeinert und erweitert.

4 Nutzerfunktionen

Die zentrale Komponente bei der Entwicklung eines Anzeige- und Bedienkonzeptes ist die Nutzerfunktion selbst, denn sie bestimmt wesentlich die Anforderungen an dieses Konzept. Dabei ist sowohl die einzelne Funktion als auch der Verbund mit mehreren anderen Funktionen zu berücksichtigen, wie sich weiter unten noch in Kapitel 7.3 zeigen wird.

Sofern eine Nutzerfunktion überhaupt bedienbar ist – das Antiblockiersystem (ABS) beispielsweise ist in der Regel nicht abschaltbar oder auf andere Art bedienbar, gilt aber dennoch als Nutzerfunktion, nämlich als Assistenzfunktion bei der eigentlichen Funktion „Bremsen“ – benötigt die Funktion mindestens eine Anzeige- und eine Bedienmöglichkeit. Für die Auswahl von Anzeige und Bedienung ist also die Nutzerfunktion mit ihren relevanten Eigenschaften der Ausgangspunkt. Ausgehend von der Basis der Nutzerfunktionen, die bei der Analyse der realen Fahrzeuge verwandt wurde, und unter Einbezug der bei dieser Analyse gewonnenen Einblicke werden daher hier die Nutzerfunktionen vertieft.

Im ersten Unterkapitel sollen zuerst diese und weitere theoretische Grundlagen speziell zu Nutzerfunktionen betrachtet werden. Danach sollen im anschließenden Unterkapitel die Nutzerfunktionen selbst und ihre Eigenschaften untersucht werden.

Das darauf folgende Unterkapitel beschäftigt sich mit möglichen Klassifikationskriterien für Nutzerfunktionen. Hier soll vor allem die Frage beantwortet werden, ob sich im Sinne des Baukastens Funktions-Stereotypen finden lassen und welche Stereotypen es sind, die stellvertretend für die durchaus große Menge der denkbaren Nutzerfunktionen stehen können.

4.1 Funktionen (Theorie)

Zum besseren Verständnis soll hier zuallererst der Begriff der Nutzerfunktion exakt definiert werden, damit im Folgenden keine Unklarheit über den im allgemeinen Sprachgebrauch durchaus vielseitig verwandten Ausdruck „Funktion“ entsteht, der in der Systemtechnik im Allgemeinen eine Überführung von Eingangsgrößen in Ausgangsgrößen bedeutet. Wenn nicht explizit darauf hingewiesen wird, ist im Folgenden mit dem Begriff Funktion immer eine Nutzerfunktion gemeint.

Def.: Eine Nutzerfunktion ist eine solche Funktion, deren Ergebnis (Ausgangsgrößen) der Fahrer direkt bei der Erfüllung der primären, sekundären oder tertiären Fahraufgabe benützt.

Die Funktion der Motorsteuerung, die beispielsweise den Zündzeitpunkt berechnet, ist keine Nutzerfunktion, weil sie dem Fahrer nur indirekt nützt – in direktem Zusammenhang mit dem Fahrer steht nur die Drehmoment-Abgabe des Motors, also im Wesentlichen die Längs-Beschleunigung des Fahrzeugs, die der Fahrer in der Regel selbst mithilfe des Gaspedals einstellt. „Beschleunigen“ ist also eine Nutzerfunktion, ein Teil der primären Fahraufgabe Stabilisierung.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Zusammengehörigkeit von Funktionen, also ob mehrere Funktionen vom Benutzer als eine große Funktion angesehen werden oder als einzelne. In Abbildung 22 sieht man die Struktur der Nutzerfunktionen des Objekts „Scheinwerfer“. Jede einzelne dieser Funktionen lässt sich ein- und ausschalten. Allerdings gibt es auch Bedingungen und Zusammenhänge zwischen diesen Funktionen: Beispielsweise kann man das Fernlicht nur dann einschalten, wenn das Abblendlicht schon an ist. Aufgrund dieser und weiterer Beziehungen könnte es sein, dass die Autofahrer die Funktionen Abblendlicht und Fernlicht als Einheit wahrnehmen.

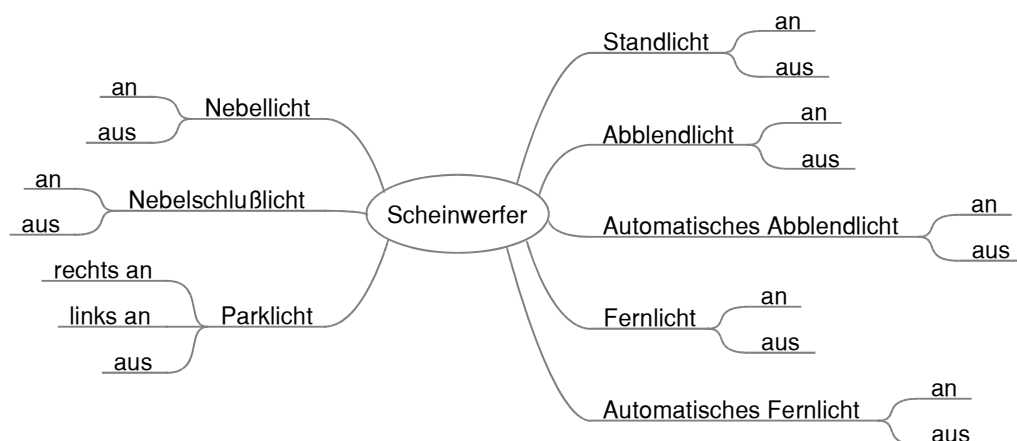


Abbildung 22: Nutzerfunktionen des Objekts „Scheinwerfer“

Um einen Anhaltspunkt für die Benutzerwahrnehmung zu erhalten, wird sechs Personen – vier davon sind Experten für Anzeige- und Bedienkonzepte – die folgende Frage gestellt: „Sind Standlicht, Abblendlicht, Fernlicht und die Automatikfunktionen von Abblendlicht und Fernlicht

Betriebszustände derselben Funktion oder einzelne Funktionen?⁸ Die Antworten fallen sehr unterschiedlich aus:

- Für fünf Personen sind Standlicht, Abblendlicht und Fernlicht Betriebszustände derselben Funktion.
- Drei dieser fünf Personen zählen auch die Nebelscheinwerfer zu derselben Funktion.
- Eine der genannten fünf Personen schließt die Nebelscheinwerfer aus mit der Begründung, dass es sich um unterschiedliche Lampengehäuse handle.
- Eine Person sieht alle Funktionen unabhängig mit der Begründung, dass unterschiedliche Lampen geschaltet würden.
- Eine Person sieht die Funktionen Standlicht, Abblendlicht und Fernlicht als Teile eines Kontinuums, nämlich der Leuchtweite.

Diese Ansichten scheinen zu einem beträchtlichen Teil technisch orientiert, offenbar spielt bei einer eher konkreten Funktion wie der Beleuchtung die technische Einheit, die diese Funktion darstellt, eine gewisse Rolle im Bewusstsein des Benutzers. Dennoch kann keine allgemeingültige Zusammengehörigkeit aus den Antworten abgeleitet werden.

Aus der Betrachtung realer Fahrzeuge in Kapitel 3 ist bekannt, dass bei allen untersuchten Fahrzeugen die Nutzerfunktionen Standlicht und Abblendlicht in einem Bedienelement vereint sind. Bei den Fahrzeugen, bei denen die Funktionen auf dem Armaturenbrett bedient werden, werden die Nebelscheinwerfer zumeist auch von diesem Bedienelement bedient, wenn nicht, dann aber zumindest direkt daneben. Bei den anderen Fahrzeugen, bei denen die Funktion Abblendlicht mit dem linken Lenkstockhebel bedient wird, wird immer mit diesem Lenkstockhebel auch das Fernlicht bedient.

Es ist festzustellen, dass sich hier zwar keine klare Definition ableiten lässt, auf welcher Abstraktionsebene Funktionen vom Benutzer als einzeln oder zusammengehörig empfunden werden, dass aber offenbar die Gewohnheit – also die bisherige Erfahrung mit den Bedienelementen in Fahrzeugen – eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. Für die weitere Analyse der Funktionen in diesem Kapitel wird daher die Abstraktionsebene des bedienten Objekts gewählt, also im Beispiel das „Abblendlicht“ als einzelne Funktion. Inwieweit Funktionen zu größeren Komplexen kombiniert oder sogar zusammengefasst werden sollten, kann hier nicht theoretisch festgelegt werden. Diese Frage wird in Kapitel 7.3 noch geklärt werden. Auf die Gewohnheit wird in Kapitel 5.1.4 im Detail eingegangen.

4.2 Analyse der Nutzerfunktionen

Ausgehend von der Erfassung der Nutzerfunktion im Rahmen von Kapitel 3.2 werden die Funktionen hier noch genauer untersucht und mit weiteren Merkmalen beschrieben. Das Ziel der Erfassung aller möglichen Eigenschaften einer Nutzerfunktion ist es – wie schon weiter oben erwähnt – einerseits, auf Basis dieser Eigenschaften die optimale Anzeige und die optimale Bedienung auszuwählen, andererseits, in diesen Eigenschaften geeignete Klassifikationskriterien zu finden. Da noch nicht festgelegt ist, wie eine optimale Anzeige beziehungsweise Bedienung

⁸ Umfrage am 8., 9. und 10. August 2007 mit sechs Mitarbeitern der Abteilung für Anzeige- und Bedienkonzept der BMW Group und des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München

definiert ist und welche Eigenschaften dabei eine Rolle spielen, ist es sinnvoll, so viele Merkmale wie möglich zu finden und ihre Ausprägungen zu erfassen.

Auswahl der analysierten Funktionen

Die bereits in Kapitel 3.2 definierte und erläuterte Funktionsliste enthält alle Nutzerfunktionen, die im Rahmen dieser Arbeit von Interesse sind. Sie befindet sich in Tabelle 35 im Anhang A auf Seite 237. Selbstverständlich werden alle Funktionen dieser Liste der hier beschriebenen Betrachtung unterzogen.

Kriterien

Die aus Kapitel 3.1 bereits bekannten Kriterien für Nutzerfunktion werden hier ebenfalls für jede Nutzerfunktion erfasst oder sind zum Teil durch die Analyse realer Fahrzeuge schon vorhanden. Wie schon weiter oben erwähnt, handelt es sich dabei in einem bestimmten Ausmaß um die Kriterien der systemergonomischen Aufgabenanalyse, welche hier natürlich zum Einsatz kommen sollte. Darüber hinaus gibt es eine Anzahl von zu erfassenden Kriterien, die in Tabelle 7 aufgelistet sind. Sie stellen die Weiterentwicklung der in Tabelle 5 aufgestellten Kriterien dar.

Die erste und zweite Spalte enthalten eine Kategorie und das Kriterium selbst. Die dritte Spalte enthält wieder eine exakte Beschreibung des jeweiligen Kriteriums. Zum Teil muss dabei aufgrund des Umfangs der bei einem Kriterium zur Verfügung stehenden Ausprägungen auf Abschnitte unterhalb der Tabelle verwiesen werden. Es sei hinzugefügt, dass eine Funktion bei den meisten Eigenschaften mehrere Ausprägungen besitzen kann, da sich diese Ausprägungen häufig nicht gegenseitig ausschließen. Zum besseren Verständnis enthält die vierte Spalte als Beispiel die Daten einer analysierten Funktion. Es ist dasselbe Beispiel wie in Tabelle 5, nämlich die Umluftfunktion (Fu_139), so dass die hier für diese Funktion festgelegten, deutlich erweiterten Eigenschaften offensichtlich werden.

Tabelle 7: Strukturierte Auflistung aller erfassten Kriterien der Funktionsanalyse

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Ordnung	Funktionsname	Name der Nutzerfunktion in der Funktionsliste	manuelle Umluftfunktion ein / aus
	Funktions-ID (Funktions-lfd-Nr.)	Eigener, im Rahmen dieser Arbeit vergebener Schlüssel im Format „Fu_ xxx“, wobei xxx eine fortlaufende Nummer der ausgewählten Funktionen ist	Fu_139
Einordnung der von der Funktion zur Verfügung gestellten Information	Anzeige oder Bedienung	Funktion zeigt nur an, oder wird nur bedient, oder beides	Bedienung
	Schadensausmaß	Zu erwartender Schaden bei ausbleiben der Reaktion, angelehnt an ISO 16951, S. 5 f, bereits mit Blick auf Kapitel 6.2 <ul style="list-style-type: none"> – schwere oder tödliche Verletzungen – mögliche Verletzungen – keine Verletzungen, aber Sachschaden – finanzieller Schaden – Komforteinbuße – kein Schaden 	kein Schaden

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Zeitbudget (Reaktionszeit bei Anzeigen, Aktionszeit bei Bedienelementen) = Dringlichkeit	Maximal zur Verfügung stehender Zeitraum für die Reaktion zur Abwendung eines Schadens, nach ISO 16951, S. 6, bereits mit Blick auf Kapitel 6.2 <ul style="list-style-type: none"> – Sofortige Reaktion (0 – 3 s) – Schnelle Reaktion (3 – 10 s) – Mögliche Reaktion (> 10 s) – keine Reaktion nötig (Information, unendliches Zeitbudget) 	keine Reaktion nötig (Information, unendliches Zeitbudget)
Physik der Funktion	Physikalische Eingangs-Größe	Theoretisch kann auch bei einer Nutzerfunktion jede physikalische Größe Ein- oder Ausgangsgröße sein.	
	Physikalische Ausgangs-Größe		
Fahrerwunsch	Fahrerwunsch (Bedieninformation)	Prosaische Formulierung des Ziels oder des Bedürfnisses des Fahrers	Gestank vermeiden
Funktionsanordnung	Benutzungshäufigkeit	Nach eigener Einschätzung bzw. nach den Ergebnissen von Sacher (Sacher 2009, S. 46 f) <ul style="list-style-type: none"> – immer – häufig – öfter – selten – sehr selten – einmal (pro Fahrer) – einmal (pro Fahrt) – einmal (pro Auto) 	selten
	Zeitbudget für Zugriff	Erwünschte Schnelligkeit beim Zugriff auf die Bedienung einer Funktion, nicht zu verwechseln mit dem Zeitbudget weiter oben, welches die Reaktion auf eine Warnung meint. Die Zeitklassen sind der ISO-Norm (ISO 16951, S. 6) entlehnt. <ul style="list-style-type: none"> – Sofort (0 – 3 s) – Schnell (3 – 10 s) – Bald (> 10 s) – Unendliches Zeitbudget 	sofort (0-3s)
Aufgabeninhalt	Dimensionalität / Freiheitsgrade	Dimensionen der Funktion (gemäß der systemergonomische Aufgabenanalyse, siehe Kapitel 2.1.2.1, vergleiche auch Tabelle 5 in Kapitel 3.1)	1
	Führungsart	Dynamisch / Statisch (gemäß der systemergonomische Aufgabenanalyse, siehe Kapitel 2.1.2.1, vergleiche auch Tabelle 5 in Kapitel 3.1)	dynamisch
	Bedienung	Simultan / Sequentiell (gemäß der systemergonomische Aufgabenanalyse, siehe Kapitel 2.1.2.1, vergleiche auch Tabelle 5 in Kapitel 3.1)	simultan
Aufgaben- auslegung	Aufgabenart	Aktiv / Monitiv (gemäß der systemergonomische Aufgabenanalyse, siehe Kapitel 2.1.2.1, vergleiche auch Tabelle 5 in Kapitel 3.1)	aktiv
	Darstellungsart	Folgeaufgabe / Kompensationsaufgabe (gemäß der systemergonomische Aufgabenanalyse, siehe Kapitel 2.1.2.1, vergleiche auch Tabelle 5 in Kapitel 3.1)	Folgeaufgabe
Fahraufgabe	Aufgabentyp / Fahraufgabe	Zuteilung zu den Bereichen der Fahraufgabe gemäß Kapitel 2.2	tertiär
x-Steuerung im y-System	Systemtyp	Vergleiche Kapitel 2.1.3	
	Steuerungstyp	Vergleiche Kapitel 2.1.3	
Funktionsbereich	Funktionsbereiche der Funktionsliste	Entsprechend der Liste der Funktionsbereiche in Kapitel 3.2	2.1 Klimatisierung Hardkeys

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Weitere Funktionseigenschaften	Funktionsstereotypen	Entsprechend der Liste der Funktionsstereotypen in Kapitel 3.2	Ein- und Ausschalten (dauerhaft)
	Linearität allgemein	Einteilung in vier Klassen (mehr zur Linearität in Kapitel 5.1.3): <ul style="list-style-type: none"> – kontinuierlich (z.B. Lenkeinschlag) – quasi-kontinuierlich (z.B. Temperatur, Gebläse) – halb-kontinuierlich (z.B. Scheibenwischer) – echt diskret (z.B. Blinker) 	echt diskret (z.B. Blinker)
	inneres Modell vorhanden	Existiert ein Pendant zu dieser Funktion außerhalb der Fahrzeugwelt und wenn ja, welches (zum Beispiel Festnetztelefon)?	nein
	Rubriken (Funktionsgruppen)	Siehe unten im Abschnitt „Rubriken (Funktionsgruppen)“ in Kapitel 4.2	Klima;Luftklima
	Funktionseinteilung nach Götz	Einteilung in die drei von Götz benannten Funktionstypen (Goetz 2007, S. 87 ff): <ul style="list-style-type: none"> – Ein / Aus – Mehr / Weniger – Cursor-Funktion 	Ein / Aus
Dimension 1	Linearität Dimension 1	Einteilung in die folgenden vier Klassen, wie bei „Linearität allgemein“, nur für jede Dimension der Funktion einzeln: <ul style="list-style-type: none"> – kontinuierlich (z.B. Lenkeinschlag) – quasi-kontinuierlich (z.B. Temperatur, Gebläse) – halb-kontinuierlich (z.B. Scheibenwischer) – echt diskret (z.B. Blinker) 	echt diskret (z.B. Blinker)
	Bewegungsart Dimension 1	<ul style="list-style-type: none"> – rotatorisch – translatorisch – quasitranslatorisch (entspricht Kippen oder Wippen, welche trotz theoretischer Rotation als kurze Translation aufgefasst werden können und daher eine eigene Klasse erhalten) 	nicht anwendbar
	Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 1	Einteilung in die folgenden Klassen: <ul style="list-style-type: none"> – Auslösen [1] – Ein- und Ausschalten, solange bedient (z.B. Hupe) [1] – Ein- und Ausschalten, dauerhaft (z.B. Licht) [2] – Betriebszustände wählen (z.B. Fensterheber) [2 – 5] – diskreten Wert einstellen (Stufen, z.B. Gebläse) [3 – 10] – analogen Wert einstellen (Kontinuum, z.B. Temperatur) [10 – ∞] – sehr viele (z.B. Menüs) [10 – 100] 	Ein- und Ausschalten, dauerhaft (z.B. Licht) [2]
Dimension 2	Linearität Dimension 2	Falls vorhanden, analog Dimension 1	nicht vorhanden
	Bewegungsart Dimension 2		
	Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 2		
Dimension 3	Linearität Dimension 3	Falls vorhanden, analog Dimension 1	nicht vorhanden
	Bewegungsart Dimension 3		
	Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 3		

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Weitere ordnende Kriterien	Bedientes Objekt / Technische Einheit	Siehe unten im Abschnitt „Geräte“ in Kapitel 4.2	Klimaanlage/Lüftung
	Bedienende Person (Subjekt)	<ul style="list-style-type: none"> – Fahrer – Beifahrer – Fond-Passagiere – Alle 	Fahrer; Beifahrer
	Betroffene Person (weitere Objekte)	<ul style="list-style-type: none"> – Alle – Jeder für sich – Fahrer und Beifahrer gegenseitig – Fahrer – Beifahrer – Fond 	Alle
Bedienbarkeit / Verfügbarkeit	abhängig von der Automatisierung	<p>Einschränkungen bei der Bedienbarkeit dieser Funktion aufgrund gefährlicher Auswirkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – nur Fahrer (autorisiert durch Schlüssel) – nur Fahrer (Position) – nur Beifahrer – alle Passagiere – nur Frontpassagiere – nur Fondpassagiere 	nur Frontpassagiere
	abhängig vom Energielevel	<p>Energiezustände beziehungsweise Schaltzustände (Schaltklemmen des Zündschlüssels), bei denen die Funktion verfügbar sein soll:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Klemmenstatus <ul style="list-style-type: none"> – ab Klemme 30 – ab Klemme R – ab Klemme 15 – auch bei geringer Batterieladung – Motorstatus/-lauf <ul style="list-style-type: none"> – Motor aus – Motor an 	ab Klemme R
	abhängig von der Fahrsituation	<p>Geschwindigkeitsbereiche, bei denen die Funktion verfügbar sein soll:</p> <ul style="list-style-type: none"> – nur im Stand – nur bis Schrittgeschwindigkeit – nur bis 50 km/h (Stadtfahrt) – nur bis 100 km/h (Überlandfahrt) – immer verfügbar 	immer verfügbar
	Use-Case / Anwendungsfall	Siehe unten im Abschnitt „Anwendungsfälle“ in Kapitel 4.2	Immer!
	Phasen	Siehe unten im Abschnitt „Phasen“ in Kapitel 4.2	Fahrt; Komfort
	Chronologie der Fahrt	<p>Zuteilung der Funktion zu den groben Abschnitten der Fahrt gemäß dem TUMMIC-Projekt (TUMMIC1, S. 19 f):</p> <ul style="list-style-type: none"> – vor der Fahrt – beim Fahrtantritt – während der Fahrt – am Fahrtende – nach Fahrtende 	beim Fahrtantritt; während der Fahrt; am Fahrtende
	erforderliche Präzision bei der Bedienung	<p>Hängt eng zusammen mit der Anzahl der Auswahlmöglichkeiten, hier aber als eigenes Kriterium in drei Klassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – gering – mittelmäßig – hoch 	gering

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Anzeige der Funktion	erwünschte Fahrerreaktion auf eine Warnung	Fahrerreaktion, falls die Funktionsanzeige eine Warnung enthält: <ul style="list-style-type: none"> – Vollbremsung – Ausweichen – Fahrreaktion – Bedienreaktion – Wiederholung – Spracheingabe – Aufmerksamkeit – Quittieren – Anfahren – Spureinhaltung – Anhalten – Gangwechsel – keine (falls keine Warnung) 	keine
	Anzeigenziel	Informationsgehalt der Anzeige (vergleiche auch Kapitel 6.1.1): <ul style="list-style-type: none"> – Warnung/Aufmerksamkeitserregung (starke Warnung) – gezielte Handlungsaufforderung (leichte Warnung) – Information/Statusanzeige – Rückmeldung/Handlungsbestätigung 	Rückmeldung/Handlungsbestätigung
	Anzeigeninformation	Freie Formulierung des Anzeigeninhalts analog dem Fahrerwunsch weiter oben.	Schaltzustand (Ein/Aus)

Rubriken (Funktionsgruppen)

Die Rubriken oder Funktionsgruppen, die für diese Analyse verwandt werden, stellen den Versuch dar, bereits bei der Analyse eine feinere Struktur zu integrieren, als sie durch die Funktionsbereiche der Funktionsliste vorgegeben ist. Ausgehend von jenen stellen diese Rubriken also zunächst eine Verfeinerung der Funktionsbereiche dar im Gegensatz zu den beiden folgenden Abschnitten, die sich ausschließlich entweder nach technischen Geräten oder nach den Anwendungsfällen des Benutzers richten.

Zudem ist in diesen Rubriken eine gewisse Hierarchie vorhanden, die die Gruppierung in Kapitel 7.3 vorbereiten, aber keinesfalls vorweg nehmen soll. Alle für die Analyse der Nutzerfunktionen benutzten Rubriken finden sich im Abschnitt Rubriken in Anhang C.

Geräte

Bei einer rein technischen Sichtweise auf die Funktionen lässt sich jeder Nutzerfunktion eine technische Einheit beziehungsweise ein Gerät zuordnen, das von der Funktion beeinflusst wird oder diese Funktion ausführt. Bei komplexeren Funktionen können das auch mehrere Geräte sein, es gilt aber das aus Nutzersicht beeinflusste Gerät.

Beispielsweise wird die Nutzerfunktion „Abstand einstellen“ der aktiven Geschwindigkeitsregelung ACC den Geräten Motor und Bremse zugeordnet, auf die sie aus Nutzersicht letztendlich wirkt, obwohl sie mit mehreren weiteren Geräten wie unter anderen dem Radarsensor in Verbindung steht. Ein weiteres Beispiel ist das Lenkrad, das bei der Funktion „Lenken“ das Bedienelement ist, bei den Funktionen „Lenkradheizung“ und „Lenkradverstellung“ aber das beeinflusste Objekt. Alle technischen Geräte auf, die für die Analyse der Nutzerfunktionen für die Zuordnung zur Auswahl stehen, finden sich im Abschnitt Geräte in Anhang C.

Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle oder Use-Cases einer Nutzerfunktion sind die Fälle, in denen der Fahrer diese Funktionen benutzen möchte. Daraus ergeben sich zwei Bestandteile eines Anwendungsfalls, nämlich der Fahrerwunsch und die äußeren Umstände. Der Fahrer kann einen bestimmten Wunsch in verschiedenen Situationen haben, er kann aber auch in derselben Situation unterschiedliche Wünsche haben. Daher ergibt erst die Kombination von Fahrerwunsch und Situation den Anwendungsfall.

Dieser Umstand bedingt, dass die Liste der bei der Analyse der Nutzerfunktionen benutzten Use-Cases relativ lang ist, auch wenn nicht alle denkbaren, sondern nur die sinnvollen Kombinationen aufgenommen werden. Auch hier entsteht eine gewisse Hierarchie dadurch, dass bestimmte Anwendungsfälle weiter aufgeschlüsselt werden müssen. Dennoch ist auch der Oberbegriff vorhanden, um eventuell später eine entsprechende Gruppierung durchführen zu können. Als Basis für die Situationen dient die Tabelle der Fahrsituationen in der ISO 16951 (ISO 16951, S. 4 f), sie wird für diese Arbeit aber erweitert um weitere, denkbare Situationen. Alle zur Analyse benutzten Use-Cases finden sich im Abschnitt Anwendungsfälle in Anhang C.

Phasen

Die Phasen bei der Benutzung eines Autos sind die jeweiligen Zeitabschnitte im Laufe einer Fahrt, einschließlich der Zeit vor und nach der Fahrt. Man könnte sie auch Situationen nennen, denn die Phasen folgen nicht unbedingt einer strengen Sequenz, sondern können wiederkehren oder in unterschiedlicher Reihenfolge auftauchen. Im Gegensatz zu den Anwendungsfällen handelt es sich bei den Phasen um reine Zeitabschnitte. Sie sind also unabhängig vom Fahrerwunsch und geben auch nicht alle äußeren Umstände wieder, sondern verkörpern lediglich einen Zeitpunkt oder -abschnitt im Laufe der Fahrt.

Die hier benutzten Phasen lehnen sich an die Abschnitte der Chronologie der Fahrt gemäß dem TUMMIC-Projekt (TUMMIC1, S. 19 f) an, sind aber von jenen ausgehend weiter detailliert. Dadurch ergibt sich wieder eine Hierarchie – bestimmte Phasen und Situationen werden weiter aufgeschlüsselt in Unterphasen. Allerdings ist die Hierarchie hier zwangsläufig nicht so tief wie bei den Use-Cases, da eben nur die Situation und nicht der Fahrerwunsch betrachtet wird. Auch kann festgestellt werden, dass viele Nutzerfunktionen überhaupt nicht von Phasen oder Situationen abhängen, sondern praktisch nur vom Bedürfnis des Fahrers. Daher besteht bei bestimmten hier verwandten Phasen eine gewisse Redundanz mit den Use-Cases. Alle bei der Analyse der Nutzerfunktionen benutzten Phasen beziehungsweise Situationen finden sich im Abschnitt Phasen in Anhang C.

4.3 Klassifikation von Nutzerfunktionen

Prinzipiell ließen sich die Nutzerfunktionen selbstverständlich nach allen in Tabelle 7 aufgezählten Kriterien klassifizieren. Wie schon bei den atomaren Funktionen im Kapitel 3.2 ist es aber hier das Ziel – wie schon einleitend erwähnt – Funktions-Stereotypen zu finden, die im Sinne des Anzeige- und Bedienkonzeptes als Stellvertreter für die im klassifizierenden Kriterium gleichen Funktionen dienen können. Dabei geht es zum einen darum, welche Eigenschaften einer Funktion für die Auswahl eines Bedienelements relevant sind. Diese Frage wird in Kapitel 5.5 beantwortet, da sie wesentlich von den dort beschriebenen Eigenschaften der Bedienelemente abhängt.

Zum Anderen stellt sich die Frage, ob es Funktions-Stereotypen gibt, die sich einem bestimmten Bedienort zuweisen lassen, also ob es beispielsweise typische Mittelkonsolen-Funktionen gibt. Die Antwort darauf wird Kapitel 7.2 geben. Dort werden die Orte im Fahrzeugcockpit betrachtet und deren Eigenschaften in Zusammenhang mit den hier gefundenen Kriterien der Nutzerfunktionen gebracht.

In diesem Unterkapitel soll es daher um Klassifikationsschemata gehen, die sich für andere Aspekte des Anzeige- und Bedienkonzeptes eignen, wie beispielsweise die Entscheidung, ob eine Nutzerfunktion ein eigenes, physisches Bedienelement erhalten soll oder zusammen mit anderen Funktionen über ein Bildschirmmenü bedient werden kann. Es werden daher anschließend zwei Schemata vorgestellt und zum Abschluss weitere Feststellungen getroffen.

4.3.1 Schema nach Wichtigkeit und Häufigkeit

In der Literatur findet sich häufig die gegenüberstellende Klassifikation nach Wichtigkeit und Benutzungshäufigkeit einer Nutzerfunktion. Ehlers benutzt diese Kriterien zur Bewertung und Priorisierung der Nutzerfunktionen (Ehlers 1980 zitiert nach Geiger 1998, S. 56). Geiger greift dies auf und entwickelt daraus eine simple Formel zur Berechnung der Priorität einer Nutzerfunktion, indem er Wichtigkeit und Häufigkeit in jeweils fünf Klassen von 1 = „sehr häufig“ / „sehr wichtig“ bis 5 = „sehr selten“ / „unwichtig“ einteilt und die Zahlenwerte dieser Klassen miteinander multipliziert (Geiger 1998, S. 57).

Dementsprechend ergeben niedrige Zahlenwerte eine hohe Priorität, hohe Zahlenwerte dagegen eine geringe Priorität. Geiger schlägt die in Abbildung 23 aufgeführte Zuordnung des Prioritätswertes zu Prioritätsklassen vor. In dieser Abbildung sind in der Spalte „Folgerung“ außerdem die von ihm vorgeschlagenen Maßnahmen zur Behandlung einer entsprechend klassifizierten Nutzerfunktion zu lesen.

		Häufigkeit				
		1	2	3	4	5
Wichtigkeit	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Priorität	Folgerung
Priorität 1	Fest belegtes Bedienelement
Priorität 2	Mehrfach belegtes Bedienelement oder hohe Menüebene
Priorität 3	Untergeordnete Menüebene
Priorität 4	Untergeordnete Menüebene oder Entfall der Funktion

Abbildung 23: Prioritätsklassen für Funktionen (nach Geiger 1998, S. 58)

Die tatsächliche Einsortierung jeder Funktion in die einzelnen Stufen von Häufigkeit und Wichtigkeit hängt natürlich stark von der Definition dieser Stufen ab. Für die Häufigkeit der Benutzung einer Nutzerfunktion lassen sich relativ belastbare Zahlen erheben, beispielsweise durch die Beobachtung von Fahrern im Umgang mit ihrem Fahrzeug – wie bei Sacher (Sacher 2006 und

Sacher 2009) vorgestellt. Die Grenzen der fünf Klassen bleiben allerdings das Objekt von Diskussionen. Geiger schlägt die folgende Einteilung vor (Geiger 1998, S. 57):

- 1 = sehr häufig: mehrfach pro Fahrt
- 2 = häufig: mindestens einmal pro Fahrt
- 3 = gelegentlich: nicht bei jeder Fahrt
- 4 = selten: etwa jede zehnte Fahrt
- 5 = sehr selten

Schwieriger ist die Einteilung der Wichtigkeitsklassen. Hier müssen abstraktere Gesichtspunkte herangezogen werden, wie die nicht immer eindeutig bewertbare Relevanz einer Nutzerfunktion für das Fahren selbst. Geiger lässt in die Wichtigkeit auch die Dringlichkeit einfließen, also die Zeitreserve, die zwischen dem Auftreten der Notwendigkeit zur Funktionsausführung und der tatsächlichen Bedienung verstreichen darf. Das zeigt auch die folgende Einteilung (Geiger 1998, S. 57):

- 1 = sehr wichtig: Verkehrs-/Betriebssicherheit; Betätigung zeitkritisch
- 2 = wichtig: Einfluss für den Fahrverlauf; Betätigung zeitkritisch
- 3 = weniger wichtig: Bedeutung untergeordnet; Betätigung nicht zeitkritisch
- 4 = eher unwichtig: Blickabwendung möglich; Betätigung im stehenden Kfz
- 5 = unwichtig: redundante Funktion; (oder) Funktion automatisierbar

Man erkennt bereits an den Formulierungen, dass auch diese Einteilung und ihre Grenzen in hohem Maße der jeweiligen Einschätzung und damit der Diskussion unterliegen. Schon im Unterkapitel 2.2 hat sich gezeigt, dass bei abstrakten und nicht in Zahlen messbaren Begriffen keine eindeutige Definition, dafür aber eine gewisse Uneinigkeit unter den Experten in der Literatur zu finden ist. Ob eine Nutzerfunktion zum Beispiel zeitkritisch ist, lässt sich nicht in Zahlen ausdrücken und wird daher oft unterschiedlich beurteilt. Ob es belastbarere Kriterien gibt, soll das anschließende Unterkapitel 4.3.2 zeigen.

Hier sei festgestellt, dass die vorgestellte Einteilung der Nutzerfunktionen nach Wichtigkeit und Häufigkeit aufgrund der beschriebenen Unschärfe nicht oder zumindest nicht allein zur abschließenden Beantwortung der konkreten Fragen nach Bedienelement, -ort und Anzeigenelement in der folgenden Behandlung der Hauptkomponenten (Kapitel 5, 6 und 7) herangezogen werden kann, dass sie aber als Anhaltspunkt dient. Außerdem sei gesagt, dass es nicht das Ziel dieser Arbeit ist, die in Abbildung 23 beschriebene Einteilung in dauerhaft mit einer Funktion belegte Bedienelemente, Bedienelemente mit wechselnder Funktion und Menüeinträge für die Nutzerfunktionen festzustellen. Für die zentrale Fragestellung nach dem optimalen Bedienelement im Kapitel 5 wird davon ausgegangen, dass jede der betrachteten Nutzerfunktionen ein eigenes Bedienelement erhält.

4.3.2 Schema nach Dringlichkeit und Schadensausmaß

Die Klassifikation von Nutzerfunktionen beziehungsweise besonders deren Anzeigen nach dem Schadensausmaß und der zeitlichen Dringlichkeit findet sich ebenfalls mehrfach in der Literatur, wobei die relevanteste Quelle wohl die schon im Unterkapitel 4.2 erwähnte ISO-Norm 16951

(ISO 16951) ist. Sie bezieht sich in der Tat zunächst nur auf Anzeigen und deren Priorität, lässt sich aber dennoch auch als Schema für Nutzerfunktion im Allgemeinen verwenden. In der Norm werden weitere Kriterien betrachtet, wie beispielsweise Straßenzustand, Verkehrssituation und Wetter, den größten Einfluss haben aber die Dringlichkeit („urgency“, ISO 16951, S. 6) und das Schadensausmaß („criticality“, ISO 16951, S. 5 f).

Aufbauend auf der ISO-Norm 16951 entwickeln Lermer und Müller in einem unveröffentlichten, BMW-internen Dokument (Lermer 2009) das Schema nach Dringlichkeit und Schadensausmaß weiter. Daraus gehen zunächst die folgenden Definitionen hervor, welche für den weiteren Verlauf von Bedeutung sind.

Def.: Eine Warnung ist die Vorhersage eines möglichen kommenden Schadens, der aber durch eine entsprechende Handlung noch unterbunden oder gelindert werden könnte. Sie lenkt die Aufmerksamkeit auf eine drohende Gefahr und fordert zur Schadensabwendung auf. (Lermer 2009, S. 4)

Die Warnung beziehungsweise die Warnanzeige enthält also zwei entscheidende Faktoren, nämlich den Schaden, vor dem sie warnt und den Aufforderungscharakter. Gemäß dieser Definition wäre eine Warnung vor einem Schaden, der gar nicht mehr verhindert werden kann, nur eine informierende Anzeige ohne Warncharakter. Ebenso ist die Warnung vor einem Ereignis, das keinen Schaden mit sich bringt, der Definition nach nur eine informierende Anzeige. Diese Unterscheidung wird später im Kapitel 6.1.1 noch vertieft, für das Klassifikationsschema hier genügt die Unterscheidung von Anzeigen mit und ohne Warncharakter. Der Schaden selbst ist wie folgt definiert.

Def.: Ein Schaden ist ein Nachteil für den Fahrer oder für andere Verkehrsteilnehmer. Der Begriff erstreckt sich von der Komforteinbuße bis zum Tod eines Verkehrsteilnehmers. (Lermer 2009, S. 6)

Def.: Das Schadensausmaß ist die Höhe eines Schadens, der am Wahrscheinlichsten eintritt, wenn auf die auf den Schaden hinweisende Warnung nicht reagiert wird. (Lermer 2009, S. 6; ISO 16951, S. 1)

Die ISO-Norm 16951 klassifiziert das Schadensausmaß in vier Kategorien, nämlich „schwere oder tödliche Verletzung“, „mögliche Verletzung“, „Fahrzeugschaden“ und „kein Schaden“ (ISO 16951, S. 5 f). Lermer und Müller orientieren sich daran, verschieben das Schadensausmaß aber leicht zu den vier Klassen „schwere oder tödliche Verletzung“, „größerer Sachschaden“, „Komforteinbuße / finanzieller Schaden“ und „keine Auswirkung“ (Lermer 2009, S. 8 ff). Diese Verschiebung findet statt, weil sich das weiter entwickelte Schema von Lermer und Müller zur Anwendung auf alle denkbaren Anzeigen eignen soll, weswegen zwischen „Fahrzeugschaden“ und „kein Schaden“ die Klasse „Komforteinbuße“ eingeführt wird, die alles umfasst, was keinen Sachschaden bedeutet, aber dennoch für den Nutzer ein Nachteil ist, beispielsweise ein Bußgeld. Die Unterscheidung zwischen mögliche Verletzung und schwerer Verletzung ist ohnehin schwierig.

Besonders die Klasse der Komforteinbuße widersetzt sich einer weiteren Aufschlüsselung, da die individuelle Wahrnehmung der Schadenshöhe sehr starken Schwankungen unterliegt. Es gibt durchaus Nutzer, die sich mehr über einen verpassten Telefonanruf oder unkomfortable Kälte ärgern als über einen Bagatellschaden, und das nicht nur aufgrund beliebig konstruierter, mittelbarer Folgen des Anrufinhalts. Ebenso variabel ist das Schadensausmaß einer Geschwindigkeits-

warnung, und das auch ohne Einbezug von Fahrbahnbeschaffenheit und Verkehr allein aufgrund der lokal stark schwankenden gesetzlichen Ahndung der Übertretung.

Die anderen drei Klassen des Schadensausmaßes sind selbsterklärend. Aus den genannten Gründen ist eine Unterscheidung in mehr als die vier genannten Klassen nicht möglich. Dem Schadensausmaß gegenüber – sowohl in der ISO-Norm als auch bei Lermer und Müller – steht die Dringlichkeit.

Def.: Die Dringlichkeit ist das maximal zur Verfügung stehende Zeitbudget für die den Schaden unterbindende oder lindernde Reaktion auf eine Warnung. (Lermer 2009, S. 6; ISO 16951, S. 2)

In der ISO-Norm 16951 sind wieder vier Klassen der Dringlichkeit benannt, nämlich „sofortige Reaktion“, „Reaktion innerhalb einiger (3 – 10) Sekunden“, „Reaktionsvorbereitung (10 Sekunden bis 2 Minuten)“ und „reine Information“ (ISO 16951, S. 6). Lermer und Müller übernehmen die Zeitwerte in ihren Ausführungen weitestgehend, verzichten dabei jedoch auf eine Benennung der Dringlichkeitsklassen von „0 – 3 Sekunden“, „3 – 10 Sekunden“, „10 – 60 Sekunden“ und „60 Sekunden bis ∞ “ (Lermer 2009, S. 8 ff). Die Benennung der Klassen könnte direkt aus der ISO-Norm übernommen werden, trägt aber sachlich nichts zur Klassifikation bei. Abbildung 24 zeigt Schadensausmaß und Zeitbudget als Matrix.

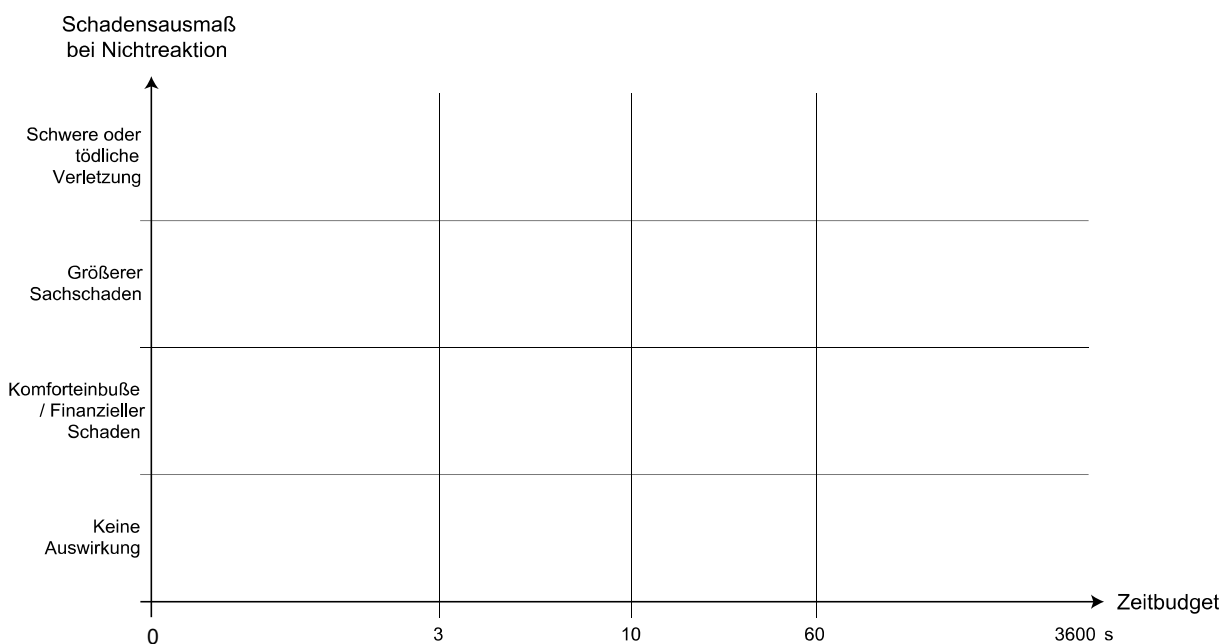


Abbildung 24: Schema: Schadensausmaß über Zeitbudget (nach Lermer 2009, S. 8)

Diese Darstellung soll insbesondere verdeutlichen, dass sich die beiden Kriterien keinesfalls ineinander abbilden lassen, sondern unabhängig voneinander betrachtet werden müssen (Lermer 2009, S. 7). Es ergäbe sich sonst eine eindimensionale Einteilung, also eine reine Rangliste, welche in der Matrix die Diagonale von links oben nach rechts unten wäre. Die Notwendigkeit, beide Kriterien orthogonal zueinander zu stellen, wird an zwei Beispielen offensichtlich: Der schon oben angesprochene Telefonanruf besitzt bei seinem Verpassen die Schadensklasse „Komforteinbuße“, sein Zeitbudget jedoch ist eher klein, da ein Anrufer es in der Regel nicht allzu lange klingeln lässt. Im Gegensatz dazu kommt ein Hinweis auf den demnächst fälligen

Ölwechsel viele Tage bis Wochen vor dem tatsächlichen Ereignis, das Schadensausmaß bei längerem Ignorieren ist aber wahrscheinlich ein kapitaler Sachschaden.

Die hier vorgestellte Einteilung der Nutzerfunktionen nach Dringlichkeit und Schadensausmaß zeigt eine deutlich höhere Schärfe als die zuvor beschriebene nach Wichtigkeit und Häufigkeit. Die Matrixfelder in Abbildung 24 stellen durchaus Funktionsklassen im Sinne der in der Einleitung dieses Kapitels beschriebenen Funktions-Stereotypen dar. Allerdings sind diese Funktionsklassen aufgrund der Herleitung der Kriterien Dringlichkeit und Schadensausmaß aus den Warnungen und Anzeigen sehr stark auf die Betrachtung von Anzeigenelementen ausgelegt. Inwieweit diese Einteilung bei der Suche nach dem optimalen Bedienelement in Kapitel 5.5 Berücksichtigung finden kann, wird dort genauer erörtert.

Ebenfalls aufgegriffen wird die beschriebene Matrix im Kapitel 6.2, wo sie gemäß ihrer Herkunft zur Auswahl von Sinneskanal und Anzeigenelement und zur Anzeigenauslegung benutzt wird. Die Anwendung dieses Schemas und insbesondere auch die Benutzung des Schemas zur Ausbildung von Funktions-Stereotypen, sowie deren Anwendung auf die konkreten Fragestellungen finden also in den nachfolgenden Kapiteln statt.

4.4 Ergebnis

Ausgehend von der gemeinsamen Erfassung von Funktionen, Anzeige- und Bedienelementen in realen Fahrzeugen, liegt nun, nach dieser theoretischen Betrachtung und Diskussion der Nutzerfunktionen für sich, eine klare Definition und eine Abgrenzung von Funktionen zueinander vor. Auch die Analyse Kriterien sind auf Basis der Erkenntnisse aus den realen Fahrzeugen erweitert und festgelegt worden.

Die circa 300 ausgewählten Nutzerfunktionen der Funktionsliste (siehe Tabelle 35 im Anhang A auf Seite 237) werden nach diesen Kriterien analysiert, so dass für den weiteren Verlauf die Ausprägungen dieser Funktionen zur Verfügung stehen. Diese hier aufzuführen, würde jeden Rahmen sprengen, daher wird im Folgenden stets nur auf die Kriterien selbst verwiesen. Neben diesen Kriterien sind zwei Schemata zur Klassifikation von Nutzerfunktionen vorgestellt und besprochen, welche ebenfalls im weiteren Verlauf noch aufgegriffen werden.

5 Bedienelemente

In diesem Kapitel werden nun die Bedienelemente selbst und mit ihnen die zentralen und letztendlich auch titelstiftenden Fragen dieser Arbeit behandelt. Die Bedienelemente sind im Mensch-Maschine-System der Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle, der die Informationsübertragung vom Menschen an die Maschine ermöglicht. Ihre entscheidende Bedeutung für ein Anzeige- und Bedienkonzept beziehungsweise für dessen Güte ist daher offensichtlich.

Wie schon in den vorherigen Kapiteln folgt dieser Einleitung zunächst ein allgemeines Unterkapitel, das die Theorie der Bedienelemente an sich betrachtet. Hier werden Begriffe, systematische Eigenschaften und weitere Überlegungen geklärt. Danach werden die Ergebnisse der zuvor in Kapitel 3 beschriebenen Analyse bezüglich der Bedienelemente besprochen. Es folgt die Aufstellung des tatsächlichen Bedienelemente-Baukastens, also des grundlegenden Satzes von Bedienelemente-Typen.

Anschließend soll die Gestaltung dieser Bedienelemente-Typen unter systemergonomischen Gesichtspunkten und die Semantik der Bedienelemente behandelt werden. Schließlich folgt die Beschreibung der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements für eine Nutzerfunktion und natürlich das Ergebnis dieser Suche.

5.1 Bedienelemente (Theorie)

Zuallererst muss hier geklärt werden, was genau gemeint ist, wenn von Bedienelementen die Rede ist. Wie gerade schon einleitend angedeutet, sind die Bedienelemente als Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle für den Informationsfluss vom Menschen zur Maschine zuständig. Die Fülle aller Eingabemethoden, die diesem Informationsfluss dienen, umfasst dabei neben den physischen Bedienelementen auch Sprachsteuerung sowie Gestik und Mimik. Um die Bedienelemente von den anderen Eingabemethoden abzugrenzen, sei daher folgendes definiert:

Def.: Ein Bedienelement ist ein physisches Objekt, das der Benutzer eines technischen Geräts direkt „durch physikalischen Kontakt mit der Körperoberfläche aktiviert“ (Ruehmann 1993 a, S. 431) und mit dessen Hilfe er Informationen an dieses Gerät übergibt.

Diese Definition enthält mehrere Aspekte: Zunächst ist ein direkter Kontakt zwischen Mensch und Bedienelement gefordert. Die Annäherung an eine Oberfläche oder auch ein Bedienelement ist also eine Geste, die tatsächliche Berührung dagegen eine Interaktion mit einem Bedienelement, bei der – die entsprechende Sensorik vorausgesetzt – die Berührung selbst die Information darstellt. Bei den meisten Bedienelementen wird allerdings die Information in Form von mechanischer Arbeit übertragen. Die bewusste Benutzung des Begriffs „Körperoberfläche“ schließt hier außerdem Fußschalter und Pedale mit ein.

Es sei erwähnt, dass Bedienelemente auch dem Informationsfluss von der Maschine zum Menschen dienen können, wenn beispielsweise ihre Schaltstellung eine Information darstellt und ihnen somit den Charakter einer Anzeige verleiht. Dieser Aspekt ist durchaus wichtig und wird im Folgenden auch näher betrachtet, tut aber dem vornehmlichen Zweck des Bedienelements als Medium der zuvorderst genannten Richtung des Informationsflusses keinen Abbruch.

5.1.1 Abgrenzung von Bedienelementen

Wo mehrere Bedienelemente auf engem Raum auftreten und zum Teil in- und aufeinander platziert sind, tritt die Frage auf, wo die Grenzen zwischen einzelnen Bedienelementen zu ziehen sind. Abbildung 25 zeigt hierfür einige Beispiele: a und c zeigen Lenkstockhebel des Mercedes C von 2007 (a) und des BMW 7er von 2001 (c), die eine vergleichbare Anzahl von Schaltmöglichkeiten aufweisen. Die Hebel selbst lassen sich jeweils nach oben und unten, vorne und hinten auslenken. Außerdem gibt es je ein drehbares Element auf dem Hebel und bei beiden ist es möglich, entlang der Hebelachse zur Lenksäule hin zu drücken, was beim Mercedes aber bedeutet, dass sich der ganze Hebel bewegt, beim BMW ist es nur eine Taste auf dem Hebel.

Der Mercedes-Hebel könnte also als ein Bedienelement aufgefasst werden, das sehr viele Freiheitsgrade besitzt, der BMW-Hebel dagegen als ein relativ simples Bedienelement, das aber zwei weitere Bedienelemente beherbergt. Noch deutlicher wird das Problem der Abgrenzung in Abbildung 25 b und d, hier handelt es sich um den Lautstärkeregler (b) und den Temperaturregler (d) desselben Fahrzeugs, des BMW 5er von 2003. Beide sehen sich sehr ähnlich und beide sind prinzipiell drückbar, beim Lautstärkeregler aber bewegt sich beim Druck auf die schwarze Stirnfläche des ganze Bedienelement mit, während beim Temperaturregler die schwarze Stirnfläche mit Symbol und LED eine separate, runde Taste darstellt, die sich auch nicht mitdreht. Während hier bei einer Expertenbefragung der Lautstärkeregler durchweg als ein einziges Bedienelement wahrgenommen wird, halten sich die Interpretationen des Temperaturreglers und seiner Taste als Einheit oder als zwei Bedienelemente die Waage⁹.

Aus den genannten Expertengesprächen geht hervor, dass ein Bedienelement begrenzt werden sollte durch eine sichtbare, meist umlaufende Begrenzung, die es von seiner Umgebung abhebt, beziehungsweise, dass eine solche Begrenzung zur Wahrnehmung eines einzelnen Bedienelements führt. Dem Benutzer muss erkennbar sein, dass sich das Bedienelement in Relation zu seiner Umgebung einzeln bewegen lässt. Weitere Elemente innerhalb der sichtbaren

⁹ Umfrage zwischen dem 3. und dem 23. Mai 2007 mit sechs Mitarbeitern der Abteilung für Anzeige- und Bedienkonzept der BMW Group

Begrenzung werden dem Bedienelement zugerechnet, beispielsweise Symbole und Kontrollleuchten. Im Wesentlichen greifen hier die schon weiter oben in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Gestehtgesetze, nämlich das Gesetz des glatten Verlaufs, das der guten Gestalt und bei der gleichzeitigen Bewegung von Objekten das Gesetz des gemeinsamen Schicksals. Diese theoretische Erkenntnis wird weiter unten bei den konkreten Gestaltungsregeln für die Bedienelemente im Kapitel 5.4 Verwendung finden.

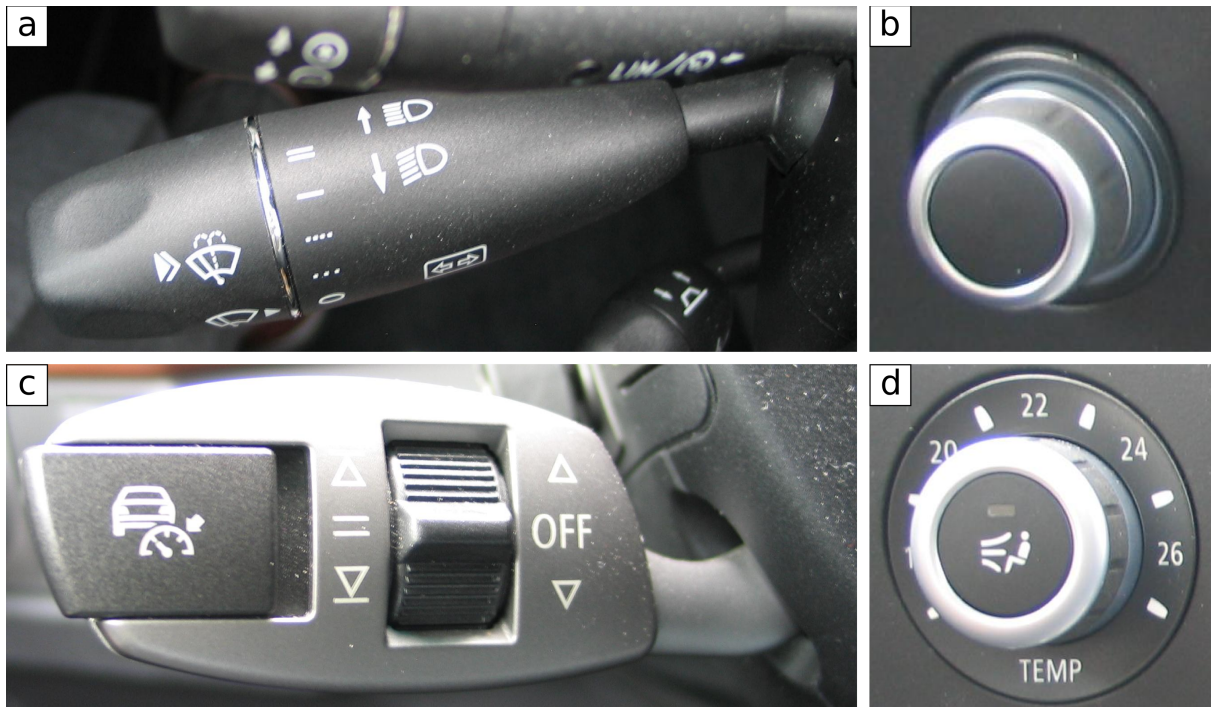


Abbildung 25: Abgrenzung von einzelnen Bedienelementen:
 Lenkstockhebel des Mercedes C von 2007 (a) und des BMW 7er von 2001 (c), Lautstärkeregler (b) und Temperaturregler (d) des BMW 5er von 2003

5.1.2 Rast- und Schaltstellungen

Zwei weitere Begriffe, die hier definiert werden sollen, sind die Raststellungen und die Schaltstellungen. Nachdem bei den „Nutzerfunktionen“ in Kapitel 4 stets von Auswahlmöglichkeiten die Rede war als den Zuständen, die die Funktion selbst einnehmen kann, muss es bei den Bedienelementen eine Entsprechung geben. Dabei ist allerdings zu unterscheiden zwischen den Zuständen, die das Bedienelement rein mechanisch einnehmen kann, und den Zuständen, bei denen das Bedienelement tatsächlich Einfluss auf die Funktion beziehungsweise eine derer Auswahlmöglichkeiten nimmt. Beide müssen nicht zwangsläufig übereinstimmen und werden daher wie folgt in Rast- und Schaltstellungen unterschieden:

Def.: Eine Raststellung ist eine von einem Bedienelement eingenommene Position, die von diesem ohne äußere Krafteinwirkung gehalten werden kann.

Def.: Eine Schaltstellung ist eine von einem Bedienelement eingenommene Position, die einer Nutzerfunktion oder einer Auswahlmöglichkeit einer Nutzerfunktion zugeordnet werden kann und diese auslöst.

Eine Raststellung ist demnach eine Position, in der das Bedienelement nach der Betätigung von selbst verharret, also rastet. Immer häufiger findet man heute monostabile Bedienelemente, die nur eine stabile Position haben, aber mehrere Schaltstellungen. Das einfachste Beispiel hierfür ist ein Taster: Er kehrt nach der Betätigung immer wieder in seine Null-Lage zurück, besitzt aber zwei Schaltstellungen, nämlich die ausgelenkte, wenn er die ihm zugeordnete Funktion auslöst, und eben die Null-Lage oder Ruhe-Stellung, in der er nichts auslöst. Physikalisch gibt es auch den Weg dazwischen, systemtechnisch ist dieser aber – abgesehen vom Kraft-Weg-Verlauf mit klar spürbarem Druckpunkt (Ruehmann 1993 b, S. 557 f) – nicht von Interesse, so dass es genügt, von zwei Schaltstellungen auszugehen.

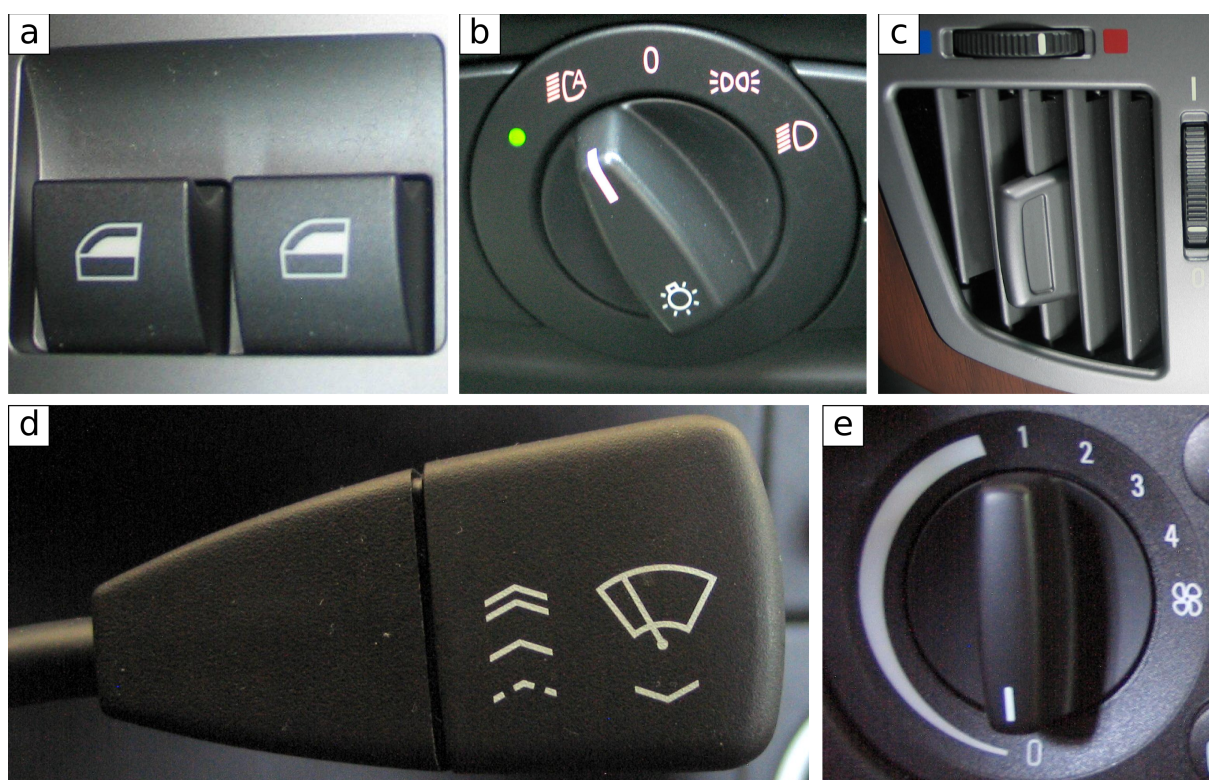


Abbildung 26: *Bedienelemente mit unterschiedlichen Kombinationen aus Rast- und Schaltstellungen:
a und c: Fensterheber und Fond-Luftausströmer des BMW 7er von 2001, b: Lichtschalter des BMW 1er von 2004, d und e: Scheibenwischerhebel und Gebläsesteller des BMW 5er von 1987*

Beim Taster erkennt man auch, dass es für die Schaltstellungen unerheblich ist, ob das Bedienelement in ihnen rastet oder nicht: Die Schaltstellungen beschreiben das Verhalten in Verbindung mit der Funktion, die Raststellungen dagegen das mechanische Verhalten. Ein weiteres Beispiel für monostabile Bedienelemente sind die heute zur Betätigung von elektrischen Fensterhebern weit verbreiteten Kipphebeltaster, die man mit dem Finger aus einer Mulde herausziehen und hineindrücken kann (Abbildung 26 a).

Auch sie besitzen nur eine rastende Stellung, die gleichzeitig die Null-Schaltstellung ist, darüber hinaus aber zwei oder häufig vier weitere Schaltstellungen, in denen sie für die Nutzerfunktion Fensterheber die Auswahlmöglichkeiten „auf“ und „zu“, beziehungsweise „auf“, „ganz auf“, „zu“ und „ganz zu“ auslösen.

Bei diesem Bedienelement sind die Schaltstellungen zumeist deutlich spürbar, obwohl sie nicht rasten, entweder in Form eines zu überwindenden Widerstands – dem zuvor erwähnten und von Rühmann geforderten, „deutlich spürbaren“ (Ruehmann 1993 b, S. 558) Druckpunkt zur haptischen Rückmeldung einer Auslösung (Ruehmann 1993 b, S. 557 f) – oder in Form eines Anschlags. Im mechanischen Verhalten eines Bedienelements gibt es also eine weitere Art von diskreten Stellungen, die im Folgenden nach Rühmann „Druckpunkte“ genannt werden.

Def.: Ein Druckpunkt ist eine von einem Bedienelement eingenommene Position, die von diesem zwar nicht ohne äußere Krafteinwirkung gehalten werden kann, die aber durch die Ausprägung des Kraft-Weg-Verlaufs bei der Bedienung als besondere Stelle haptisch wahrnehmbar ist.

Die distabile Entsprechung des monostabilen Tasters ist der einfache Druck-Schalter, der eine Ein- und eine Aus-Stellung hat. In diesem Fall sind die Anzahl an Schaltstellungen und die Anzahl an Raststellungen gleich, was den Vorteil hat, dass bereits das Bedienelement den Systemzustand sichtbar und meist auch tastbar anzeigt. Gleiches gilt für polystabile Bedienelemente mit mehr als zwei diskreten Raststellungen, die gleichzeitig Schaltstellungen sind, wie beispielsweise dem Lichtschalter in Abbildung 26 b.

Bei den eben genannten Bedienelementen sind alle Schaltstellungen – entweder als Raststellungen oder als Druckpunkte – immer haptisch wahrnehmbar: Sowohl beim Fensterheber-Taster als auch beim Lichtschalter spürt der Benutzer durch den Kraft-Weg-Verlauf des Bedienelements, wenn er eine Schaltstellung erreicht hat. Dies ist wünschenswert – wie zuvor und auch schon in Kapitel 2.1.2.2 besprochen – muss aber nicht zwangsläufig der Fall sein.

Ein pantostabiles Bedienelement, wie beispielsweise die Daumenräder oder auch der Kipp-Schiebe-Steller in Abbildung 26 c, bleibt nicht nur in diskret wahrnehmbaren Raststellungen sondern in jeder beliebigen Position stehen. Der Benutzer wird bei der Bedienung also nicht durch Raststellungen oder Druckpunkte auf bestimmte Schaltstellungen hingeführt – vielmehr ist die Dichte der Schaltstellungen so hoch, dass sie gar nicht mehr als einzelne sondern als Kontinuum wahrgenommen werden. Der Benutzer verspürt lediglich einen Reibwiderstand, aber keine zu überwindenden Raststellungen oder Druckpunkte. Die Grenze zwischen kontinuierlicher Bedienung und diskreten Schaltstellungen ist nicht ganz leicht zu ziehen – dazu mehr im nachfolgenden Unterkapitel 5.1.3.

Selbstverständlich gibt es auch Kombinationen aller bisher betrachteten Formen: Der Scheibenwischerheber in Abbildung 26 d hat aus seiner Null-Stellung heraus drei Schaltstellungen nach oben und eine nach unten. Dabei kann er in den oberen rasten, in der unteren nicht, hat also fünf Schaltstellungen inklusive Null-Stellung, verteilt auf vier Raststellungen und einen Druckpunkt. Eine noch interessantere Kombination bietet der Gebläsesteller in Abbildung 26 e, der eine diskrete Null-Stellung besitzt, auf die ein kontinuierlicher pantostabiler Bereich folgt, welchem sich wiederum vier diskrete Raststellungen anschließen.

Die hier vorgeschlagene Einteilung in Schaltstellungen, Raststellungen und Druckpunkte zur Beschreibung des mechanischen Verhaltens von Bedienelementen ist durch eine Expertenbefra-

gung verifiziert¹⁰ und auch von Kuijs in dessen Studienarbeit so übernommen worden (Kuijs 2008, S. 29 ff).

Kuijs hat in seiner Masterthesis mit dem Titel „Entwicklung und Implementierung einer grafischen Notation für mechanische Benutzerschnittstellen“ (Kuijs 2008) eine Notation erstellt und evaluiert, mit deren Hilfe sich alle hier aufgezählten Phänomene beschreiben lassen. Eine Übersicht über diese Notation zeigt Abbildung 27. Hierzu sei angemerkt, dass Kuijs bewusst zwischen einem stufenlosen Bereich und einem Kontinuum unterscheidet, da der Übergang, wie schon angedeutet, nicht ganz einfach zu definieren ist, und die Notation zunächst alle Möglichkeiten offen hält.

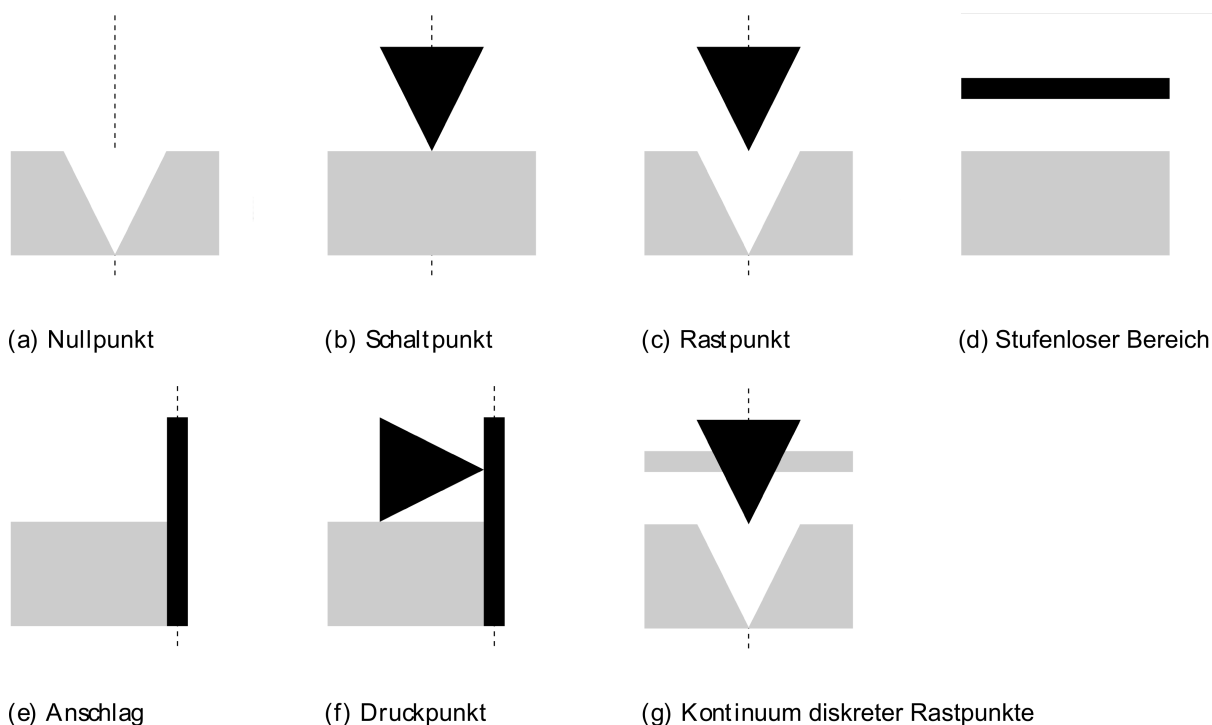


Abbildung 27: *Symbole der Notation des mechanischen Verhaltens von Bedienelementen nach Kuijs (nach Kuijs 2008, S. 29 ff)*

Generell sieht man in Abbildung 27, dass bei Kuijs schwarze Pfeile Schalterpunkte darstellen, weiße Pfeile auf grauem Grund dagegen Rastpunkte. Vertikale schwarze Striche markieren signifikante Stellen im Kraft-Weg-Verlauf, also Druckpunkte oder harte Anschläge, der horizontale schwarze Strich hingegen symbolisiert einen pantostabilen Bereich gleichmäßigen Reibwiderstands.

Beispielhaft angewandt auf den Gebläsesteller in Abbildung 26 e ist die Notation von Kuijs in Abbildung 28 zu sehen, links am Bedienelement selbst aufgetragen und rechts als Liste (gegen den Uhrzeigersinn gelesen). Die hier vorgestellte Notation der Kinematik von Bedienelementen ist darauf ausgelegt, letztlich auch das mechanische Verhalten konkreter Bedienelemente, also für Serienfahrzeuge zu entwickelnder Hardware zu beschreiben.

¹⁰ Umfrage am 8., 9. und 10. August 2007 mit sechs Mitarbeitern der Abteilung für Anzeige- und Bedienkonzept der BMW Group und des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München

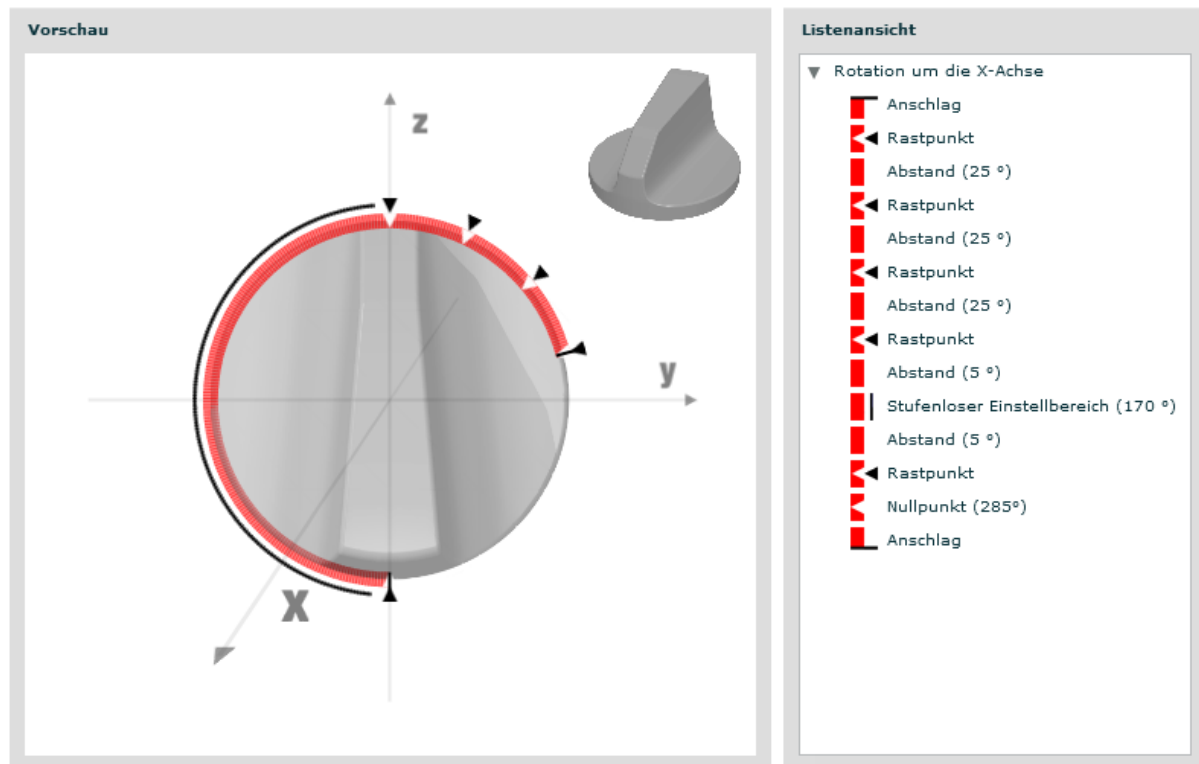


Abbildung 28: Drehknebel (Gebläsesteller aus Abbildung 26 e) mit Notation des mechanischen Verhaltens nach Kuijs (Software-Screenshot aus Kuijs 2008)

5.1.3 Kontinuierlichkeit

Es seien hier zunächst die Begriffe geklärt, die in diesem Abschnitt benutzt werden: Ein Kontinuum (continere (lat.) = zusammenhalten) ist im physikalischen Sinne eine Wertemenge, die alle innerhalb einer unteren und einer oberen Grenze denkbaren Werte enthält. Ein Kontinuum beziehungsweise eine kontinuierliche Größe hat also eine unendliche Auflösung, alle Werte hängen zusammen und sind im mathematischen Sinne stetig. Demgegenüber besitzt eine diskrete Größe (discernere (lat.) = unterscheiden, trennen) endlich viele und voneinander klar unterscheidbare Stufen. Die Werte hängen nicht zusammen, sondern sind durch Stufen voneinander getrennt.

Bereits im vorangegangenen Kapitel 4.2 wird die Eigenschaft der Kontinuität den Nutzerfunktionen zugeordnet – sogar einzeln je Dimension. Andererseits ist sie aber auch eine Eigenschaft der Bedienelemente. Niedermaier führt in seiner Dissertation (Niedermaier 2003) eine relativ einfache Einteilung nach Boff & Lincoln 1988 an, die in Tabelle 8 zu sehen ist. Zunächst scheint diese Einteilung völlig klar, es stellt sich aber bei genauer Betrachtung die Frage, was einen Schiebeschalter von einem Schieberegler oder einen Drehsteller von einem Drehregler unterscheidet. Ein Drehsteller wäre nach Boff & Lincoln diskret gemäß der Begriffserklärung im vorherigen Absatz, ein Drehregler kontinuierlich. Die DIN-Norm DIN EN 894-3 kennt das Problem auch, nennt aber ebenfalls keine Schwelle, die den Übergang zwischen diskreter und kontinuierlicher Bedienung markiert (DIN EN 894-3, S. 8).

Tabelle 8: *Kontinuierlichkeit von Bedienelementen (nach Boff & Lincoln 1988, zitiert nach Niedermaier 2003, S. 22)*

Bewegungsart	Diskrete Bedienung	Kontinuierliche Bedienung
Linearbewegung	Drucktaster, Kippschalter, Schiebeschalter, Wippschalter, Druck-Zug-Schalter	Schieberegler, Maus, Analogjoystick, Trackball, Lichtgriffel, Touchpad, Graphiktablett, Touchscreen
Drehbewegung	Drehwahlschalter, Drehsteller, Dekadenschalter, Schlüsselschalter	Drehregler, Einstellrad

Zunächst ist festzustellen, dass bei den meisten heute hergestellten Bedienelementen Inkrementalgeber die Potentiometer abgelöst haben, so dass bereits im Element selbst ein digitales und damit definitionsgemäß diskretes Signal erzeugt wird. Die eingesetzte Technologie tritt aber ohnehin in den Hintergrund gegenüber der subjektiven Wahrnehmung des Benutzers.¹¹ Ob der Benutzer ein Bedienelement als kontinuierlich oder diskret wahrnimmt, hängt von zwei Faktoren ab: Zum Einen von der haptischen Rückmeldung und zum anderen von der Rückmeldung der Funktion.

Wie schon im vorangegangenen Abschnitt festgestellt, gibt es zwischen den diskreten Raststellungen – also einem klar diskreten Bedienelement – und dem stufenlosen Bereich – also einem eindeutig kontinuierlichen Bedienelement – noch das in Abbildung 27 von Kuijs so genannte „Kontinuum diskreter Rastpunkte“ (Kuijs 2008, S. 29 ff). Gemeint ist die Abfolge von mehreren, gleich verteilten Raststellungen, die durch ihre örtliche Dichte einem stufenlosen Bereich durchaus ähnlich sind, aber dennoch einzeln spürbar bleiben. Die zunächst paradox wirkende Namensgebung drückt genau das Problem dieser Zwischenstufe aus: Sie wird je nach Zusammenhang und auch je nach Benutzer unterschiedlich als kontinuierlich oder diskret wahrgenommen.

Ein Beispiel hierfür ist der Lautstärkeregler in Abbildung 25 b auf Seite 95. Er hat 30 Rasten pro Umdrehung und ist endlos drehbar, hat also keine mechanischen Anschläge. Ob der Lautstärkeregler als kontinuierlich oder diskret betrachtet wird, hängt bei dieser hohen Anzahl von Rasten nur noch von der Reaktion der Funktion ab: Wird die Lautstärkeänderung bei der Bedienung als stetig aufgefasst, das heißt, ist der Lautstärkesprung, der mit der Drehung des Reglers um eine Raste verbunden ist, sehr klein, dann wird das Bedienelement als kontinuierlich wahrgenommen. Ist der Lautstärkesprung deutlich hörbar, also groß, dann wird das Bedienelement als diskret abgestuft wahrgenommen.¹¹

Häufig sieht man an den Radios aktueller Fahrzeuge zwei aus Designgründen völlig gleich aussehende Drehsteller in symmetrischer Anordnung. Als Beispiel zeigt Abbildung 29 die Radio-bedienelemente eines Alfa Romeo 159 (seit 2005, a) und eines Infiniti M (seit 2006, US-Modell, b). Man erkennt, dass die umgebende Beschriftung den beiden Drehstellern jeweils unterschiedliche Funktionen zuweist: Bei beiden Modellen regelt der linke Drehsteller die Lautstärke, der rechte bedient ein Menü oder sonstige Funktionen.

Die Elemente selbst unterscheiden sich optisch nicht, dafür aber in diesen Fällen in der nur haptisch wahrnehmbaren Rasterung: Jeweils der linke Drehsteller hat 30 Rasten pro Umdrehung, der jeweils rechte nur 18. Diese Unterscheidung ist kompatibel mit der entsprechenden Nutzerfunktion – die Lautstärke wird im Allgemeinen schon als kontinuierliche Funktion wahrgenommen und ist entsprechend fein einstellbar, daher wird auch der linke Drehsteller als kontinuierlich eingestuft. Die Funktion des rechten Drehstellers – Senderwahl, Menüauswahl – wird dagegen als

¹¹ E-Mail Dialog mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. Februar 2008

diskret abgestufte Funktion angesehen, entsprechend wird auch das grober gerasterte Bedienelement als diskret registriert.¹²



Abbildung 29: Symmetrische Drehsteller an Autoradios:
a: Alfa Romeo 159 (seit 2005), b: Infiniti M (seit 2006, US-Modell)

Noch schwieriger wird die Einteilung, wenn bereits die Nutzerfunktion selbst unterschiedlich eingeschätzt wird, wie eine Expertenbefragung¹³ zeigt (siehe auch weiter oben auf Seite 81). Dabei stehen die Fahrzeugscheinwerfer mit allen verbundenen Nutzerfunktionen des Fahrlichtes zur Debatte. Während die befragten Experten die Nebelscheinwerfer fast ausschließlich als eigene Funktion betrachten, werden die Funktionen Standlicht, Abblendlicht und zum Teil auch Fernlicht als zusammenhängende Stufen derselben Funktion empfunden, die von einem Experten als „Leuchtweite“ benannt wird. Ein anderer Experte wertet alle Scheinwerferfunktionen als völlig losgelöst voneinander, ein weiterer dagegen schließt sogar die Nebelscheinwerfer als Stufe zwischen Standlicht und Abblendlicht ins Kontinuum mit ein.

Es zeigt sich die Schwierigkeit, einer so unterschiedlich eingeschätzten Nutzerfunktion ein kontinuierliches oder ein diskretes Bedienelement zuzuweisen. Auch stellt sich die Frage, ob im hier betrachteten Falle des Fahrlichtes überhaupt ein gemeinsames Bedienelement sinnvoll ist, wie man es in heutigen Fahrzeugen häufig antrifft, oder aber ein einzelnes Bedienelement jeweils für jede einzelne Funktion vorhanden sein sollte. Wie gerade angedeutet, sieht man beim Fahrlicht häufig ein integriertes Bedienelement, was zu der Frage führt, inwieweit die Gewohnheit hier eine Rolle spielt. Diese Frage soll im folgenden Abschnitt behandelt werden.

Zur Kontinuität der Bedienelemente sei abschließend gesagt, dass sich durch die Anzahl der Raststellungen beziehungsweise den Verzicht auf diese zugunsten eines stufenlosen Elements zwar eine Tendenz erreichen lässt. Aber letztlich bestimmt das Zusammenspiel mit der Nutzerfunktion und deren Einschätzung die Wahrnehmung der Kontinuität, wie das Beispiel der Drehsteller in Abbildung 29 zeigt.

¹² E-Mail Dialog mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. Februar 2008

¹³ Umfrage am 8., 9. und 10. August 2007 mit Mitarbeitern der Abteilung für Anzeige- und Bedienkonzept der BMW Group und des Lehrstuhls für Ergonomie der Technischen Universität München

5.1.4 Gewohnheit

Es ist zu erwarten, dass die Gewohnheit des Benutzers beziehungsweise des Autofahrers eine entscheidende Rolle dabei spielt, was er von der Bedienung neuer Geräte oder Fahrzeuge erwartet und wie er die ihm dargebotenen Anzeigen und Bedienelemente interpretiert. Für die allermeisten Autofahrer ist die Benutzung eines Kraftfahrzeugs gelernt und gewohnt und natürlich sind damit auch die Eigenheiten der jeweils gefahrenen Fahrzeugmodelle mehr oder weniger in Fleisch und Blut des Fahrers übergegangen. Es ist daher wichtig, bei der Suche nach dem optimalen Bedien- und Anzeigenelement die Gewohnheit mit einzubeziehen.

Ein oft bemühtes und auch in Tabelle 1 in Kapitel 2.1.2.3 bereits erwähntes Beispiel ist der Wasserhahn. Im Gegensatz zu den weiter oben aufgeführten Regeln der Kompatibilität werden Wasserhähne durch Drehung im Uhrzeigersinn geschlossen und gegen den Uhrzeigersinn geöffnet. Der Grund dafür ist, dass ein Rechtsgewinde die Ventildichtung gegen den Zulauf führt, damit ein Rechtshänder bei der Schließbewegung möglichst hohe Kraft aufbringen kann und ein fester Verschluss gewährleistet ist. Benutzer, die den Umgang mit Armaturen gewohnt sind, gleichen diese Umkehrung der inneren Kompatibilität durch ihre Gewohnheit aus und bedienen die Ventile richtig. Ungeübte Personen kann man dagegen häufig dabei beobachten, dass sie entweder zunächst falsch drehen oder zumindest kurz nachdenken müssen.

Die Gewohnheit, also die weitestgehend unbewusste Abfrage von gut erlerntem oder geübtem Wissen, wie es auch schon in Kapitel 2.1.5 beschrieben ist, kann also bei der intuitiven Bedienung sogar mehr wiegen als die innere Kompatibilität. Noch wichtiger aber ist die Gewohnheit bei Funktionen, die aufgrund ihrer Abstraktheit gar keine Kompatibilität besitzen wie beispielsweise das Schaltschema bei Automatikgetrieben (P-R-N-D), insbesondere die dort ganz vorne angeordnete Park-Stellung (P).

Während die Fahrtrichtungen „vorwärts“ (D) und „rückwärts“ (R) hier der äußeren Kompatibilität widersprechen, hat die Park-Stellung (P) keinen Bezug zum Fahrzeug und seiner Umgebung und entspricht auch keinem Stereotyp der inneren Kompatibilität. Die Position von P im Schaltschema kann daher nur gelernt werden. Es ist zu erwarten, dass bei schneller Bedienung zur mentalen Übersteuerung des Widerspruchs zwischen der Lage von D und R und der primären äußeren Kompatibilität eine noch größere Übung und damit Gewohnheit notwendig ist, als beim reinen Erlernen der Lage von P.

Ein weiterer Aspekt der Gewohnheit ist eine nicht immer rationale Skepsis des Benutzers gegenüber Veränderungen. Diese rührt wohl maßgeblich von der Tatsache her, dass neu eingeführte Technologien in der Regel in ihrer frühen Phase noch nicht vollständig ausgereift und damit eher fehleranfällig sind. Aufgrund dieser Erfahrung traut der Benutzer der Technologie oder dem Apparat nicht und will ihn überwachen. Die Folge ist der bei einigen Autofahrern stark ausgeprägte Wunsch, die Funktionen des Fahrzeugs selbst zu regeln und sich nicht einem Automaten anzuvertrauen, obwohl viele Automaten heute sehr ausgereift sind und die Funktion zum Teil besser regeln können als der Fahrer. Ein Beispiel ist wieder das Automatikgetriebe, das von einigen Autofahrern kategorisch abgelehnt wird, obwohl es abgesehen von wenigen besonderen Situationen die Gangwahl effizienter und – verglichen mit dem Handschaltgetriebe – schneller ausführt als der Fahrer.¹⁴

Das Phänomen der menschlichen Gewohnheit in seiner Gänze liefert sicherlich genug Fragen für mindestens eine eigene Dissertation und soll deswegen hier nicht weiter vertieft werden. Im

¹⁴ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 2. Juli 2007

Folgenden gilt ein bestimmtes Bedienelement oder Bedienprinzip für eine Nutzerfunktion dann als gewohnt, wenn es in realen Fahrzeugen in einer bestimmten Häufigkeit auftritt. Die tatsächliche Kenntnis in der relevanten Zielgruppe wird dabei nicht abgefragt, da dies den Rahmen dieser Arbeit bei Weitem überstiege.

5.2 Bedienelemente in realen Fahrzeugen

Mit der in Kapitel 3 beschriebenen Methode und der Durchführung dieser Analyse lässt sich im Bezug auf die Bedienelemente an sich, losgelöst von der Nutzerfunktion, eine der zentralen Fragen dieser Arbeit beantworten, nämlich welche Bedienelemente-Typen es überhaupt gibt. Der Bedienelemente-Baukasten muss natürlich mindestens all jene Bedienelemente-Typen enthalten, die in den analysierten Fahrzeugen eingebaut sind, um zunächst noch unabhängig von der konkreten Eignung für Nutzerfunktionen vollständig zu sein.

Abbildung 30 zeigt beispielhaft Bedienelemente aus den in Kapitel 3.5 aufgelisteten Fahrzeugen, die sich nicht in dem Bedienelementesatz in Kapitel 3.3 wiederfinden. Es sind im Wesentlichen Bedienelemente, die mehr als eine Raumdimension als Freiheitsgrad aufweisen.

In Abbildung 30 a ist der iDrive Controller aus dem BMW 5er (2003 – 2010) zu sehen. Dieses Element lässt sich drehen, drücken und in zwei Achsen schieben, besitzt also vier Freiheitsgrade und ist damit gemeinsam mit den Bedienelementen der Bildschirmsysteme von Mercedes und Acura das variabelste Bedienelement, das in realen Fahrzeugen zu finden ist. Dagegen haben die Lichtschalter des Mercedes C (Abbildung 30 b) und des BMW 3ers von 1975 (Abbildung 30 c) jeweils nur zwei Freiheitsgrade, nämlich Drehen und Herausziehen entlang der Drehachse.

Beim Mercedes verjüngt sich der Knebelsteg zum Drehteller hin, so dass man ihn leichter herausziehen kann, beim BMW ist der ganze Schalter pilzförmig und lässt sich so hintergreifen und formschlüssig herausziehen. Der Drehknebel von Mercedes ist offensichtlich drehbar, dem Lichtschalter des alten BMW sieht man dagegen seine Drehbarkeit beziehungsweise die Tatsache, dass der Drehung eine zusätzliche Funktion hinterlegt ist, nicht sofort an, auch er besitzt aber diesen zweiten Freiheitsgrad und belegt ihn mit einer Funktion, nämlich der Instrumentenhelligkeit.

In Abbildung 30 d sieht man den Spiegelverstellerschalter aus dem BMW 7er von 2001, einen in zwei Achsen kippbaren Wipptaster, auch Kreuzwippe oder im Bereich der Unterhaltungselektronik häufig Vier-Wege-Navigator oder an Spielkonsolen auch D-Pad (directional pad) genannt. Der Bedienelementesatz aus der Literatur kennt nur den eindimensionalen Wipptaster. Abbildung zeigt noch zwei weitere, bisher unbekannte Bedienelemente: Der Spiegelverstellerschalter des Audi A6 von 2004 (Abbildung 30 e) ist ein Dreh-Kipp-Schalter, der Schiebedachschalter im Audi A6 (Abbildung 30 f) ein Drehknebel, der ebenfalls kippbar ist. Es wird deutlich, dass der Bedienelementesatz aus der Literatur für den Bedienelemente-Baukasten auf jeden Fall um die Elemente mit mehr als einem Freiheitsgrad ergänzt werden muss.

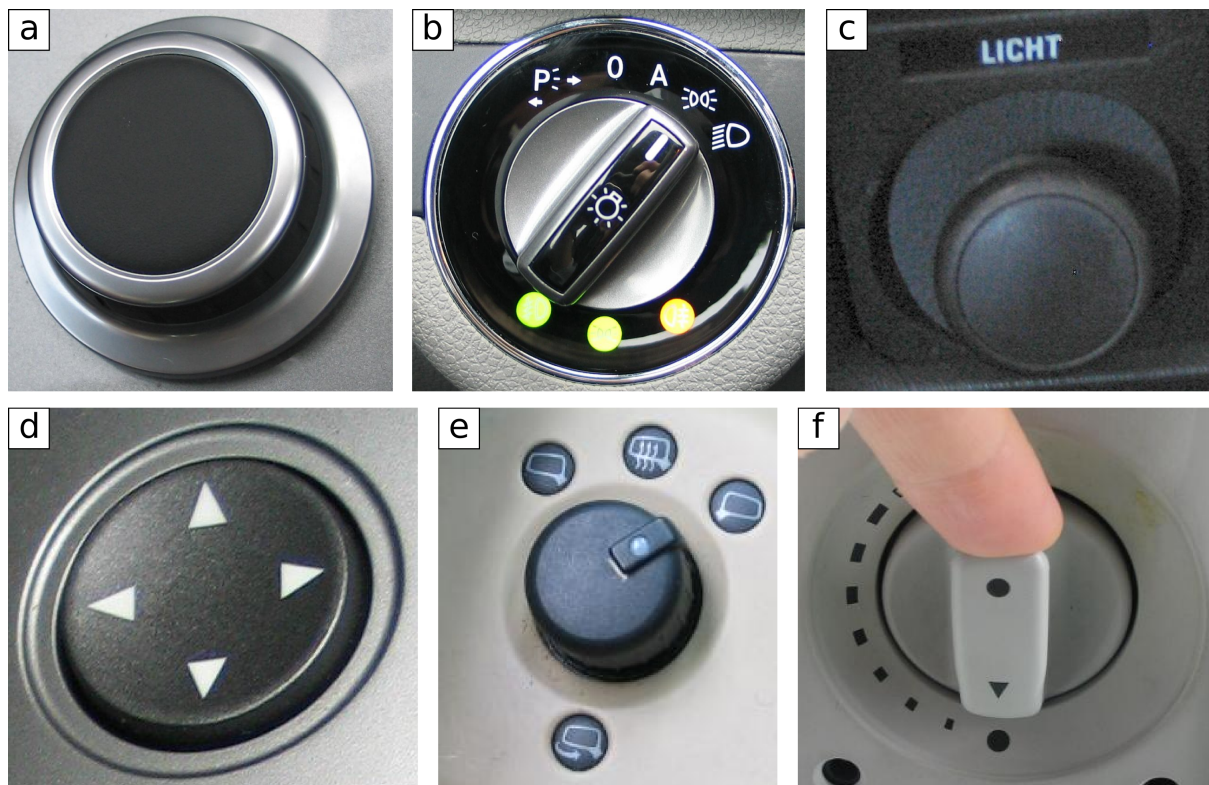


Abbildung 30: *Bedienelemente in realen Fahrzeugen, die nicht zu den Bedienelemente-Typen aus der Literatur passen:*
a: iDrive Controller aus dem BMW 5er von 2003, b und c: Lichtschalter des Mercedes C von 2007 und des BMW 3ers von 1975, d: Spiegelverstellungsschalter des BMW 7er von 2001, e und f: Spiegelverstellungsschalter und Schiebedachschalter des Audi A6 von 2004

Nimmt man die Gesamthäufigkeit, also die absolute Anzahl von Bedienelemente-Typen über alle analysierten Fahrzeuge hinweg in Augenschein, wie sie Abbildung 31 zeigt, dann fällt ein ganz klarer Favorit ins Auge, nämlich der Taster (St_088, monostabiler Drucktaster – zum besseren Überblick sind hier bereits die im folgenden Unterkapitel für die Baukastenelemente vergebenen Bedienelementnamen und ein im Rahmen dieser Arbeit verbegnener, eindeutiger Identifikator im Format „St_xxx“ benutzt). Vor dem Hintergrund des oft konstatierten Funktionszuwachses in heutigen Automobilen und dem damit verbundenen Einzug der Mikroelektronik ins Kraftfahrzeug (Bubb 2003, S. 26; Lerner 2010, S. 18 f; Niedermaier 2003, S. 2 ff; Rassl 2004, S. 1) verwundert dies keineswegs. In aktuellen Fahrzeugen wird teilweise für keine der Nutzerfunktionen mehr Leistungsstrom am Bedienelement dieser Funktion geschaltet, sondern lediglich ein Schaltsignal an ein Steuergerät abgegeben. Die einfachste und zumeist auch billigste Methode hierfür ist offenbar ein nicht rastender Drucktaster.

Auf dem zweiten Platz, wenn auch um Größenordnungen abgeschlagen, folgt in Abbildung 31 der Wipptaster (St_096). Er hat die gleichen Vorzüge wie der Drucktaster und ersetzt diesen – genau genommen zwei von diesen – häufig bei Funktionen, die sich gegenseitig ausschließen, beispielsweise „lauter“ und „leiser“ oder „AM“ und „FM“ bei Radios.

Das nächst häufigste Bedienelement ist der Kipphelbtaster (St_050), der in der bereits im Unterkapitel 5.1.2 beschriebenen Weise von fast allen Herstellern zur Bedienung der elektrischen

Fensterheber eingesetzt wird. Kommen für diese Funktion in Fahrzeugen der 1980er Jahre noch unterschiedliche Bedienelemente zum Einsatz, beispielsweise Wipptaster, so hat sich mit der fast vollständigen Verbreitung dieser Nutzerfunktion bis hinein in die Kompaktklasse die Bedienung über die Kipphebeltaster mit Eingriffsmulde als Quasistandard herausgestellt. Dies hat nicht zuletzt den Grund, dass es sich unter dem Aspekt des Einklemmschutzes als sicherer erwiesen hat, das Fenster durch eine Zug- statt durch eine Druckbewegung zu schließen, da eine Zugbewegung sehr viel unwahrscheinlicher versehentlich ausgeführt wird. Auch bei allen aktuellen Fahrzeugen dieser Analyse werden Kipphebeltaster benutzt, was die Häufigkeit erklärt.

Auf dem vierten Platz folgt – anders als die zuvor getroffene Feststellung über Drucktaster erwarten lässt – der Druckschalter (St_027, distabiler Druckschalter). Eine genauere Betrachtung offenbart aber, dass mit einer Ausnahme alle Druckschalter auf die historischen Fahrzeuge entfallen, und dass alle in diesen Fahrzeugen mit Druckschaltern bedienten Nutzerfunktionen in den aktuellen Fahrzeugen mit Drucktastern bedient werden. Hier zeigt sich noch einmal deutlich der oben bereits erläuterte Wandel von der Elektrik zur Elektronik im Fahrzeuginnenraum.

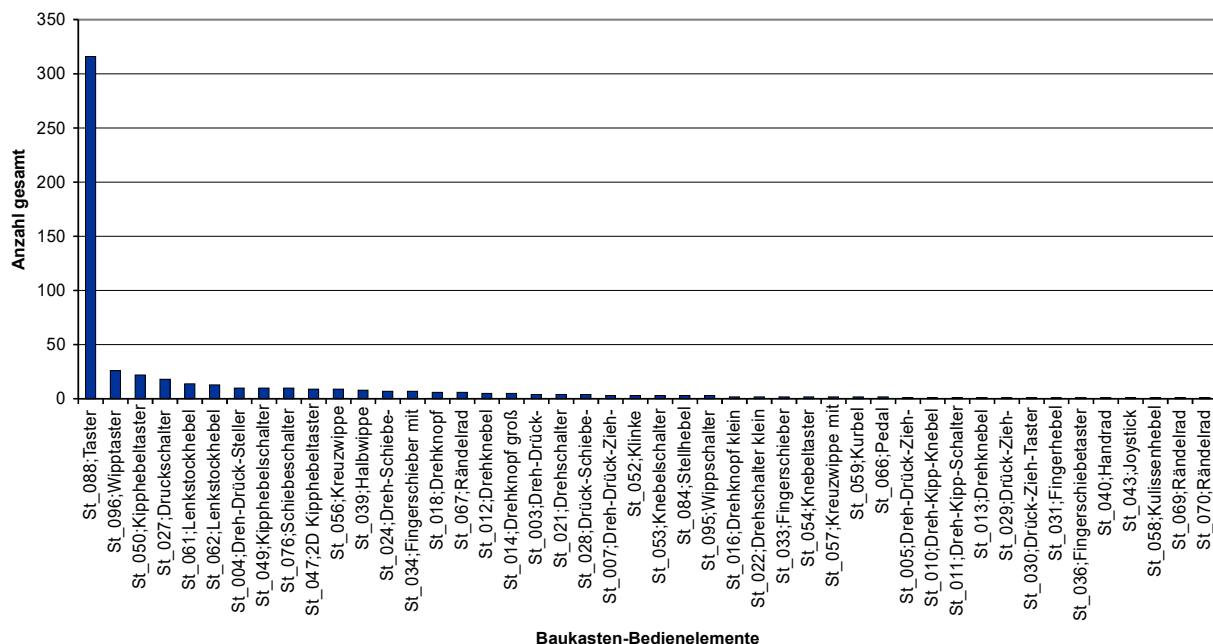


Abbildung 31: Gesamthäufigkeit der Bedienelemente-Typen bei der Analyse realer Fahrzeuge

Platz fünf und sechs in der Häufigkeit der Bedienelemente nehmen die Lenkstockhebel ein – ras-tende (St_061) und nicht rastende (St_062). Jedes der untersuchten Fahrzeuge weist mindestens zwei Lenkstockhebel auf. Auch das birgt keine Überraschung: Lenkstockhebel haben sich abge-sehen von wenigen Versuchen mit festen Bediensatelliten (zum Beispiel Citroën CX, 1974 oder Isuzu Piazza, 1981) als Standardbedienung für Blinker und Scheibenwischer etabliert. Es ist der Überzahl an BMW-Fahrzeugen in der Analyse geschuldet, dass nicht rastende Lenkstockhebel fast genauso häufig vorkommen wie rastende – alle untersuchten Fahrzeuge anderer Hersteller besitzen rastende Lenkstockhebel, ebenso die älteren Fahrzeuge. In diesem Fall kommt also tat-sächlich das bereits in Kapitel 3.5 erwähnte BMW-Spezifikum zum Tragen, das auch als solches behandelt werden muss.

Erwähnung verdient noch auf Platz sieben der Dreh-Drück-Steller (St_004). Er findet häufig Verwendung bei Autoradios, manchmal nicht nur als Lautstärkeregler, sondern auch als Bedienelement für die Menünavigation zur Klangeinstellung, für sonstige Einstellungen des Radios oder auch zur Wahl der Audioquelle. In jedem der untersuchten Fahrzeuge ist ein Dreh-Drück-Steller zur Einstellung der Lautstärke durch Drehen und zum Stumm- oder Ausschalten durch Drücken vorhanden, so dass auch dies als Quasistandard angesehen werden kann.

Nimmt man den direkten Zusammenhang zwischen realen Bedienelementen und Nutzerfunktionen wieder hinzu, lassen sich durch die Analyse der realen Fahrzeuge noch weitere Fragen beantworten, wie beispielsweise die schon in der Einleitung zitierte: „Wie viele Möglichkeiten gibt es, etwas an und aus zu schalten und warum?“¹⁵ Die Antwort steht in Abbildung 32. Man sieht, dass erneut der Drucktaster (St_088) mit großem Abstand in dieser Disziplin führt.

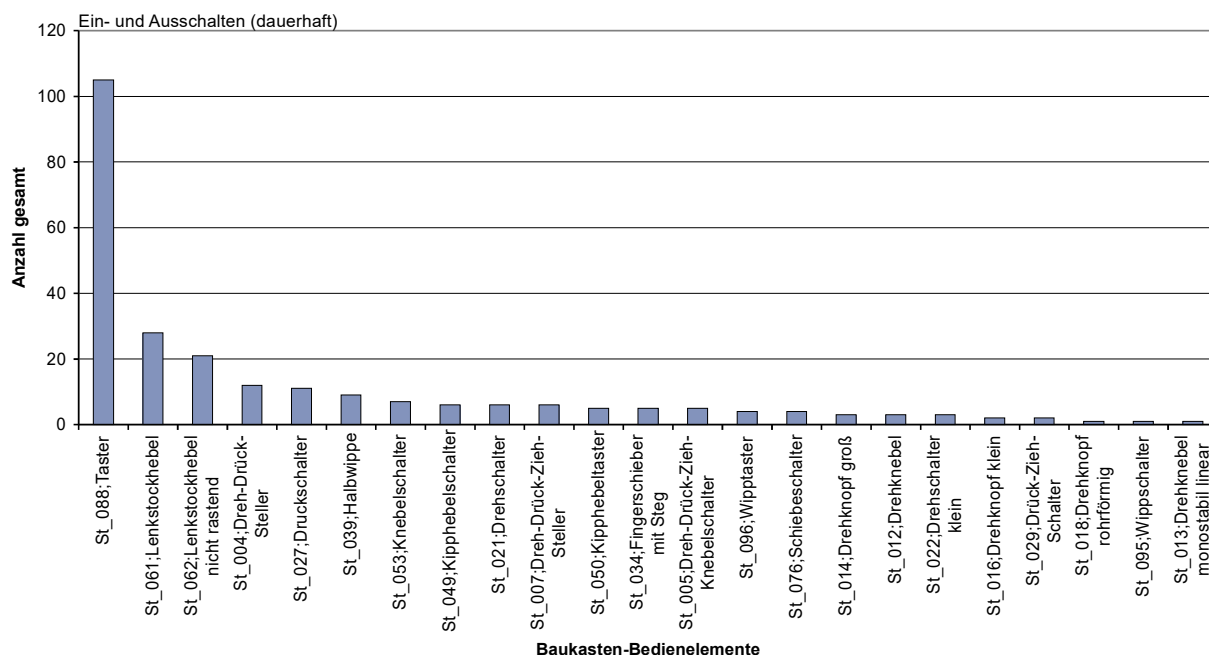


Abbildung 32: Gesamthäufigkeit von Nutzerfunktionen vom Typ "Ein- und Ausschalten (dauerhaft)", die mit dem entsprechenden Baukasten-Bedienelement bedient werden

Dem generische Funktionstyp „Ein- und Ausschalten (dauerhaft)“ gemäß Kapitel 3.2 entsprechen immerhin 20 % der in Kapitel 4 analysierten Funktionen. Es folgen auf Platz zwei und drei der hierfür benutzten Bedienelemente die Lenkstockhebel (St_061 und St_062) und bereits auf Platz vier der Dreh-Drück-Steller (St_004), was sich damit erklärt, dass zunehmend auch die Funktionen des Typs „Ein- und Ausschalten (dauerhaft)“ kein eigenes Bedienelement mehr erhalten, sondern über ein Menü bedient werden. Ignoriert man den Druckschalter als Relikt aus den historischen Fahrzeugen, wird klar, dass es im Wesentlichen nur eine Handvoll Möglichkeiten gibt, eine Funktion ein- und auszuschalten. Ob es dennoch sinnvoll wäre, diese Möglichkeiten auf eine zu reduzieren, wird sich im Kapitel 5.6 zeigen.

Es sei hier explizit erwähnt, dass in Abbildung 32 Nutzerfunktionen gezählt werden, die mit dem entsprechenden Bedienelemente-Typ bedient werden, während in Abbildung 31 die erfass-

¹⁵ Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 2. August 2007

ten Bedienelemente selbst gezählt und nach Typ aufgelistet werden. Die absoluten Zahlen sind also nicht zwischen den Diagrammen vergleichbar, nur innerhalb eines Diagramms.

Der Grund für diesen Unterschied ist, dass sich Bedienelemente und Nutzerfunktionen nicht eins zu eins aufeinander abbilden lassen. Das Gegenteil ist der Fall: Es kommt sowohl vor, dass eine Nutzerfunktion im selben Fahrzeug redundant von mehreren, auch unterschiedlichen Bedienelementen bedient wird – beispielsweise häufig bei der Lautstärke, als auch, dass ein Bedienelement mehrere, im Falle von Menüsteuerung und Bildschirmsystemen sogar sehr viele Nutzerfunktionen steuert. Es handelt sich also um eine m zu n -Relation, die sich nur in einer Datenbank vollständig abbilden ließe.

Die Abbildung dieser Relation selbst ist auch relativ uninteressant, viel wichtiger – besonders unter dem Aspekt der im vorangegangenen Unterkapitel 5.1.4 beschriebenen Gewöhnung der Autofahrer an bestimmte Zusammenhänge und der damit verbundenen Erwartung – sind die Häufigkeiten der Bedienelemente und Bedienorte einzelner Nutzerfunktionen. Beide lassen sich für jede der im Kapitel 4.2 untersuchten Funktionen aus den Analysedaten herauslesen – sofern sie in den erfassten Fahrzeugen auftaucht.

Am Beispiel der Nutzerfunktion „Abblendlicht“ zeigt Abbildung 33 die Verteilungen der jeweiligen Häufigkeiten: Im linken Kuchendiagramm sieht man die Verteilung der für diese Nutzerfunktion in den analysierten Fahrzeugen benutzten Bedienelemente (ebenfalls mit den neuen, hier vergebenen Bedienelementnamen und dem Identifikator *St_xxx*). Das rechte Kuchendiagramm zeigt die Verteilung der Bedienorte (vergleiche Kapitel 3.4), an denen diese Nutzerfunktion in den analysierten Fahrzeugen bedient wird.

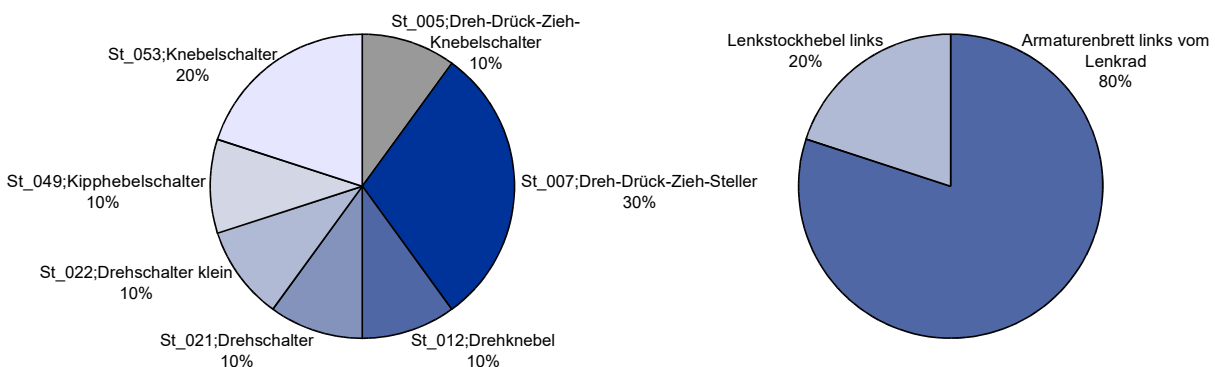


Abbildung 33: Verteilungen der Bedienelemente und der Bedienorte für die Nutzerfunktion „Abblendlicht“

Diese Daten liegen prinzipiell für jede Nutzerfunktion vor, ob sie aber für den Aspekt der Gewohnheit belastbar sind, hängt von der absoluten Häufigkeit des Auftretens einer Nutzerfunktion in der Analyse ab. Beispielsweise tritt die Funktion „Chassis anheben“ (Lift-Taste) unter den untersuchten Fahrzeugen nur beim Rolls Royce Phantom auf und hätte damit in der Tat jeweils in 100 % der Fälle dasselbe Bedienprinzip und denselben Bedienort. Allerdings kann man diese Bedienung angesichts der absoluten Seltenheit der Funktion dennoch kaum als gewohnt ansehen.

Es muss an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen werden, dass die Auswahl der analysierten Fahrzeuge zwar nicht den tatsächlichen Fahrzeugmarkt in aller Detailtiefe abbilden kann, dass im Rahmen dieser Arbeit aber – wie in Kapitel 3.5 begründet – von einer ausreichenden Belastbarkeit der erfassten Daten ausgegangen werden darf. Sicherlich würden die hier ermittelten Prozentangaben von denen einer vollständigen Erfassung des weltweiten Kraftfahrzeugbestandes – wie sie im Rahmen dieser Arbeit unmöglich durchgeführt werden könnte – geringfügig abweichen.

Dennoch können die hier ermittelten Tendenzen bei ausreichend deutlicher Ausprägung als gültig betrachtet werden.

Um die gewohnte Bedienung einer Nutzerfunktion auszumachen, sind also zwei Faktoren wichtig: Erstens muss die gewohnte Bedienung in der Verteilung der relativen Häufigkeiten ganz deutlich hervortreten, das heißt die bei Weitem Häufigste sein. Und zweitens muss die absolute Häufigkeit dieser Nutzerfunktion in der Analyse eine gewisse Schwelle überschreiten, um der gewohnten Bedienung Signifikanz zu verleihen. Beide Faktoren werden konkret im Kapitel 5.6 behandelt.

5.3 Aufstellung des Bedienelemente-Baukastens

Der Bedienelemente-Baukasten soll alle denkbaren Bedienelemente enthalten, damit diese für die Suche nach dem optimalen Bedienelement für jede Nutzerfunktion zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund erfolgt seine Entwicklung in mehreren Schritten:

1. Recherche der in der Literatur verfügbaren Bedienelemente-Sammlungen (bereits oben in Kapitel 3.3 beschrieben).
2. Erfassung und Analyse realer Bedienelemente (bereits oben in Kapitel 5.2 beschrieben).
3. Systematische (methodische) Vervollständigung des Bedienelemente-Baukastens (siehe weiter unten in Unterkapitel 5.3.1).
4. Feststellung aller relevanten Eigenschaften aller vorhandenen Baukastenelemente (siehe weiter unten in Unterkapitel 5.3.3).
5. Optimale Gestaltung aller vorhandenen Baukastenelemente nach systemergonomischen Gesichtspunkten (siehe unten in Kapitel 5.4).

Die Bearbeitung all dieser Schritte sollte das Ziel der Vollständigkeit erreichen. Nachdem Literaturrecherche (Ruehmann 1993 b, S. 556; Bullinger 1997, S. 704; DIN EN 894-3, S. 19 ff) und Analyse realer Fahrzeuge bereits behandelt sind, folgt im anschließenden Abschnitt die systematische Vervollständigung mithilfe von Methoden der Lösungssuche. Danach werden der Katalog der Bedienelemente aufgestellt und die Eigenschaften aller gefundenen Baukastenelemente betrachtet. Schließlich endet dieses Unterkapitel mit der Diskussion einer speziellen technischen Ausführung bestimmter Bedienelemente.

5.3.1 Systematische Erweiterung des Lösungsraums

Die Analyse realer Bedienelemente in Kapitel 5.2 hat gezeigt, dass viele aus der Literatur noch unbekannte Elemente durch die Kombination von mehreren Freiheitsgraden entstehen. Anzahl und Ausprägung der Freiheitsgrade sind Eigenschaften eines Bedienelements, daher lässt sich die Methode der systematischen Variation von Eigenschaften (Lindemann 2005, S. 148 f) – auch „mehrdimensionales Ordnungsschema“ genannt (Ehrlenspiel 2007, S. 409 ff) – auf sie anwenden.

Bei dieser Methode werden bestimmte Eigenschaften eines Objekts in einer Matrix einander gegenübergestellt, so dass die Matrixfelder jede denkbare Kombination dieser Eigenschaften darstellen. Beim Eintragen der bisher bekannten Lösungen in die Matrixfelder bleiben in der Regel einige Felder leer. Diese so genannten „weißen Felder“ (Ehrlenspiel 2007, S. 410) zeigen noch

unbekannte, aber theoretisch denkbare Lösungen auf. In Abbildung 34 sieht man die Matrixdarstellung eines mehrdimensionalen Schemas, in dem auf der obersten Ebene die Bewegungsarten Translation (Rechtswertachse) und Rotation (Hochwertachse) gegenübergestellt werden. Die Bewegungsarten sind weiter unterteilt in die Anzahl von Freiheitsgraden, in denen sie vorhanden sind, und danach in bestimmte Unterarten der Bewegung.

Bewegungsarten		keine Translation	translatorisch 1D			translatorisch 2D				translatorisch 3D	
			quasi-translatorisch	echt-translatorisch		quasi-translatorisch	gemischt		echt-translatorisch	quasi-translatorisch	echt-translatorisch
			kippen	drücken	schieben	kippen 2D	kippen & drücken	kippen & schieben	schieben 2D	drücken & kippen 2D	drücken & schieben 2D
keine Rotation		n.v.	Kippschalter, Hebel, etc.	Druckschalter, Taster, etc.	Schiebeschalter, Schieberegler, ...	Kreuz-Wippe, Joystick, Blinker-Hebel, Ganghebel, Trackpoint		Luftausströmer-Steller	Maus, Touchpad	Schieberegler mit Drück-Funktion, Schiebedruckschalter	Joystick mit Taste, 5-Wege-Navigator, Ganghebel (manuell VW)
rotatorisch 1D	drehen	Drehknopf, Drehschalter, Knebel-schalter, Shuttle-Dial, Clickwheel,...		Dreh-Drück-Steller		Sidewinder-Joystick, Luftausströmer-Steller Mini			Sitzverstell-schalter (Schiebe-Dreh-Steller)		Sidewinder-Joystick mit Taste
	wälzen	Rändel, Walze, ...	Jog-Dial (4-Wege)	Rändel mit Drück-Funktion, Scrollrad,...			Jog-Dial (5-Wege) drückbar				
rotatorisch 2D	wälzen 2D	Trackball		Trackball drückbar, Jog-Dial,...							
	drehen & wälzen										
rotatorisch 3D	drehen & wälzen 2D										Spacemouse

Abbildung 34: Matrixdarstellung einer systematischen Variation von Eigenschaften am Beispiel der Bewegungsarten

In Abbildung 34 sind die bisher bekannten Bedienelemente bereits in die Matrix eingetragen. Man erkennt, dass es wider Erwarten nur wenige Bedienelemente mit sehr vielen Freiheitsgraden gibt: Abgesehen von der Spacemouse, die tatsächlich über sechs Freiheitsgrade verfügt und für spezielle Anwendungen im Bereich der computerunterstützten Konstruktion konzipiert ist, gibt es höchstens vierdimensionale Bedienelemente, welche ebenfalls hochgradig spezialisiert sind. Es sind sehr viele weiße Felder zu sehen, teilweise sogar im Bereich der ein- und zweidimensionalen Bedienelemente.

Alle weißen Felder künstlich mit bisher nicht real vorhandenen Bedienelementen aufzufüllen, wäre für den Bedienelemente-Baukasten sicherlich nicht zielführend. Die Methode hat bereits durch die Offenbarung der Möglichkeiten und den damit verbundenen Fund weiterer Bedienelemente auch in fahrzeugfernen Feldern – wie beispielsweise dem drehbaren Joystick aus dem Bereich der Computerspiele – den Lösungsraum um viele Elemente erweitert. Es ist davon auszugehen, dass im Rahmen dieser Arbeit kein neues Bedienelement von Grund auf entwickelt werden muss.

Die folgenden Eigenschaften der Bedienelemente werden in den aufgelisteten Ausprägungen ebenfalls der Methode der systematischen Variation unterzogen, unter anderem in Kombination mit den bereits behandelten Freiheitsgraden:

- Greifart: Kontaktgriff (ohne gegenhaltenden Finger), Zufassungsgriff (zwischen mindestens zwei Fingern), Umfassungsgriff (Umschluss mit der ganzen Hand), gemäß der DIN-Norm DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 13).
- Kraftschluss (Übertragungsart der Bedienkraft): Formschluss, Reibschluss
- Stabilität (Raststellungen): monostabil, polystabil, pantostabil
- Kontinuierlichkeit (Schaltstellungen und Raststellungen): diskret, kontinuierlich

5.3.2 Elemente des Bedienelemente-Baukastens



Mithilfe der weiteren Variationen aus dem vorangegangenen Unterkapitel lässt sich der Lösungsraum und damit der Bedienelemente-Baukasten vervollständigen und dessen Befüllung abschließen. Er enthält 101 Bedienelementstereotypen, die in Tabelle 39 im Anhang D auf Seite 262 aufgelistet sind. Die anschließende Tabelle 9 enthält eine Auswahl der für die folgenden Kapitel interessantesten Elemente. Die ersten beiden Spalten von Tabelle 9 identifizieren das Bedienelement durch den schon in den Graphiken des vorherigen Kapitels 5.2 benutzten und im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Identifikator im Format „St_xxx“, bestehend aus den Buchstaben „St“ für „Stellteil“ und einer dreistelligen, laufenden Nummer – die ansonsten keinem Schema folgt – sowie durch einen eindeutigen Namen.




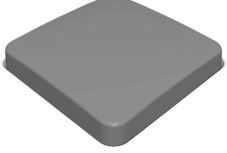

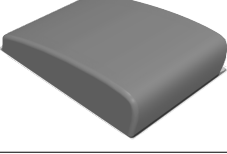

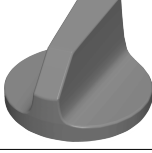
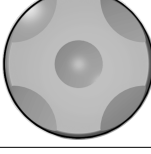
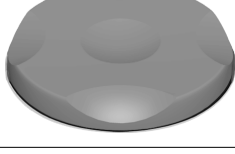

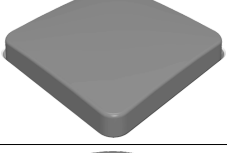
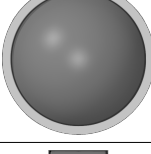
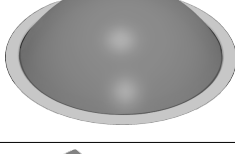

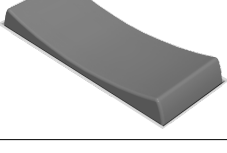
Die Namensgebung folgt dabei unter Anderem in Anlehnung an Reisinger (Reisinger 2009, S. 26 f) bei den meisten Bedienelementen dem folgenden Schema: Zunächst werden die Bewegungsarten genannt, danach folgt die Benennung als Taster (eine Raststellung, weniger als zehn Schaltstellungen), Schalter (mindestens zwei Raststellungen, weniger als zehn Schaltstellungen), Steller (viele Raststellungen oder pantostabil, viele Schaltstellungen) und monostabile Steller (ein Raststellung, viele Schaltstellungen). Ausnahmen bilden vor allem die Elemente mit spezieller Form – wie „Griff“ oder „Knebel“ – und ohne Stabilitätsvarianten.

Zum Teil unterscheiden sich Baukastenelemente nur in einer einzigen Eigenschaft, deswegen enthält Tabelle 9 in der dritten Spalte das ordnende Kriterium „Stellvertreterteil“, also ein Grundelement, von dem sich mehrere Baukastenelemente herleiten können. Die vierte Spalte gibt zumeist ein Beispiel einer häufigen Anwendung des entsprechenden Baukastenelements beziehungsweise einen alternativen Namen, unter dem man das Baukastenelement auch kennt.

Die letzten zwei Spalten in Tabelle 9 enthalten jeweils ein Bild des Baukastenelements in Draufsicht und in perspektivischer Sicht. Neben diesen Eigenschaften der Baukastenelemente gibt es noch viele weitere: Sie werden im anschließenden Unterkapitel 5.3.3 behandelt.

Tabelle 9: Auszug aus den Elementen des Bedienelemente-Baukastens

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreterteil	alternative Namen bzw. Beispiele	Draufsicht	Perspektive
St_002	Dreh-Drück-Kipp-Steller	Mehrwege-Element	iDrive Controller neu		

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_004	Dreh-Drück-Steller	Mehrwege-Ele- ment	Radio-Knopf		
St_027	Druckschalter	Druckschalter			
St_039	Halbwippe	Drucktaster	Pulttaster		
St_053	Knebelschalter	Drehschalter			
St_057	Kreuzwippe mit Mittel- druckpunkt	Kreuzwipptaster			
St_088	Taster	Drucktaster			
St_092	Trackball	Trackball	Rollball		
St_095	Wippschalter	Wippschalter			

5.3.3 Eigenschaften der Baukastenelemente

Aufbauend auf den Analysekriterien für die realen Bedienelemente in Kapitel 3.1 (vergleiche Tabelle 5 auf Seite 68) werden die Baukastenelemente ebenfalls mit Eigenschaften versehen. Dabei werden die schon bekannten Kriterien teilweise präzisiert und auch ergänzt, so dass alle systemergonomisch relevanten Merkmale beziehungsweise deren Ausprägungen jedes einzelnen Baukastenelements bekannt sind.


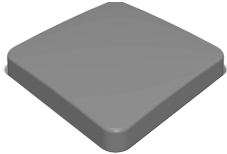

Diese Merkmale sind wichtig für die Suche nach dem optimalen Bedienelement für jede Funktion. Die Suchmethode folgt im Kapitel 5.5. In Tabelle 10 sind alle im Bedienelemente-Baukasten erfassten Merkmale der Bedienelement-Stereotypen aufgelistet. Die dritte Spalte enthält wieder – wie schon in Tabelle 5 auf Seite 68 und Tabelle 7 auf Seite 82 – eine exakte Beschreibung des jeweiligen Merkmals und – wo sinnvoll – der möglichen Ausprägungen.

Tabelle 10: Strukturierte Auflistung aller Merkmale der Bedienelement-Stereotypen des Baukastens

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Identifizierung	Lfd. Nr.	Eindeutiger Identifikator, wie auf Seite 110 beschrieben, „St“ + laufende dreistellige Nummer	St_088
	Stellteilname	Eindeutiger Name des Bedienelements, wie auf Seite 110 beschrieben	Taster
Ordnung	Stellvertreterteil	Ordnetes Bedienelement, von dem sich mehrere ähnliche ableiten, das aber selbst nicht konkret genug ist für ein Baukastenelement	Drucktaster
	alternative Namen bzw. Beispiele	Beispielanwendung des Bedienelements oder – falls vorhanden – bekannte alternative Namen	
Hand	Greifart	Art des Zugriffs oder der Berührung: <ul style="list-style-type: none"> – Kontaktgriff – Zufassungsgriff – Umfassungsgriff – Berührung (kraftlos) – kontaktlos 	Kontaktgriff
	Handteil	Eigentlich Gliedmaße, mit der das Bedienelement bedient wird: <ul style="list-style-type: none"> – Finger – Hand – Fuß 	Finger
	Kraftschluss	Übertragungsart der Bedienkraft zwischen menschlicher Gliedmaße und Bedienelement: <ul style="list-style-type: none"> – Formschluss – Reibschluss – (Stoffschluss ist nicht möglich) 	Formschluss
technisch	Rasten / Stabilität	Klasse der Anzahl an Raststellungen <ul style="list-style-type: none"> – monostabil (1 Raststellung) – distabil (2 Raststellungen) – polystabil (3 bis 10 Raststellungen) – pantostabil (mehr als 10 Raststellungen) – dynamisch (Force-Feedback, zur Laufzeit veränderbare Anzahl von Raststellungen) 	monostabil
	Bewegungsart	<ul style="list-style-type: none"> – rotatorisch – translatorisch – quasitranslatorisch (entspricht Kippen oder Wippen, welche trotz theoretischer Rotation als kurze Translation aufgefasst werden können und daher eine eigene Klasse erhalten) 	translatorisch
	Anzahl Freiheitsgrade (quasi-) translatorisch	Nur quasitranslatorische und translatorische Freiheitsgrade des Bedienelements: 0 bis 3	1
	Anzahl Freiheitsgrade rotatorisch	Nur rotatorische Freiheitsgrade des Bedienelements: 0 bis 3	0
	Anzahl Freiheitsgrade gesamt	Summe aller Freiheitsgrade des Bedienelements: 1 bis 6	1

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Anzahl Schaltstellungen, maximal	Anzahl der Schaltstellungen, die das Bedienelement je Freiheitsgrad maximal haben kann, in den Klassen: <ul style="list-style-type: none"> – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – mehr – stufenlos 	3
	Schalter / Taster / Steller	Einteilung, wie auf Seite 110 beschrieben, in: <ul style="list-style-type: none"> – Schalter – Taster – Steller – monostabiler Steller 	Taster
Rückmeldung / Anzeige	Sichtkontrolle Schaltzustand	Ist der Schaltzustand der vom Bedienelement gesteuerten Nutzerfunktion am Element selbst ohne weitere Anzeigen optisch wahrnehmbar?	nein
	Tastkontrolle Schaltzustand	Ist der Schaltzustand der vom Bedienelement gesteuerten Nutzerfunktion am Element selbst ohne weitere Anzeigen haptisch wahrnehmbar?	nein
	wegfrei	Wird bei der Bedienhandlung zwar Bedienkraft aufgebracht, aber kein Bedienweg zurückgelegt?	nein
	kraftfrei	Wird bei der Bedienhandlung Bedienkraft aufgebracht?	nein
	Handabstützkraft und Bedienkraft getrennt	Verlaufen bei dem Bedienelement die Bedienkraft selbst und die Kraft, die das Gewicht der Hand abstützt, in verschiedene Richtungen?	nein
Freiheitsgrade detailliert	Translation X	Ist der Freiheitsgrad „Translation entlang der X-Achse“ bei dem Bedienelement vorhanden, das heißt, kann es in diesem Freiheitsgrad bewegt werden? Als Koordinatensystem wird das in der Kraftfahrzeugtechnik üblichen Koordinatensystem angenommen (X-Achse entgegen der Fahrtrichtung, Y-Achse quer zur Fahrtrichtung von links nach rechts, Z-Achse von unten nach oben). Die Koordinatenachsen sind aber nur dazu da, die Freiheitsgrade zu unterscheiden, da die Einbaulage des Bedienelements gar nicht bekannt sein kann.	nein
	Raststellungen Translation X	Anzahl der Raststellungen, die das Bedienelement in diesem Freiheitsgrad maximal haben kann, in den Klassen: <ul style="list-style-type: none"> – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – mehr – stufenlos 	0

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Schaltstellungen Translation X	Anzahl der Schaltstellungen, die das Bedienelement in diesem Freiheitsgrad maximal haben kann, in den Klassen: – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – mehr – stufenlos	0
	Translation Y	Analog Translation X	nein
	Rasten Translation Y		0
	Schaltstellungen Translation Y		0
	Translation Z	Analog Translation X	ja
	Rasten Translation Z		1
	Schaltstellungen Translation Z		3
	Rotation X	Analog Translation X, gemeint ist hier der Freiheitsgrad „Rotation um die X-Achse“	nein
	Rasten Rotation X		0
	Schaltstellungen Rotation X		0
	Rotation Y	Analog Rotation X	nein
	Rasten Rotation Y		0
	Schaltstellungen Rotation Y		0
	Rotation Z	Analog Rotation X	nein
	Rasten Rotation Z		0
	Schaltstellungen Rotation Z		0
Stellteil-eigenschaften nach Rühmann	Nutzung	Diese Merkmale stammen aus der Bedienteilübersicht von Rühmann (Ruehmann 1993 b, S. 556). Dort sind auch die jeweiligen Ausprägungen angegeben, sie können aber nur für die dort bereits vorhandenen Bedienelemente in den Bedienelemente-Baukasten übernommen werden.	kurzzyklisch
	Stellteilbewegung		genau mit Anzeige;schnell
	Montage- und Betätigungsraum		klein
	Rückmeldung Position optisch		nein
	Rückmeldung Position haptisch		nein
	Rückmeldung Verstellung akustisch		nein
	Verstellbereich		sehr groß mit automatisch durchlaufendem Stellbereich
	Simultanbetätigung geeignet		sehr gut
	Sicherung geg. Fehlbetätigung		gar nicht
Eignungs-Bewertung nach Bullinger	2 Positionen	Diese Merkmale stammen aus der Bedienteilübersicht von Bullinger (Bullinger 1997, S. 704). Dort sind auch die jeweiligen Ausprägungen angegeben, sie können aber nur für die dort bereits vorhandenen Bedienelemente in den Be-	nicht vorhanden
	>2 Positionen		
	stufenlose Einstellung		

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	genaue Einstellung	Bedienelemente-Baukasten übernommen werden.	
	schnelle Einstellung		
	große Kräfte		
	haptische Rückmeldung		
	sichtbare Statusanzeige		
	Schutz gegen versehentliche Bedienung		
Merkmale nach DIN EN 894-3	Sichtkontrolle	Diese Merkmale stammen aus der Bedienteilübersicht der DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 19 ff). Dort sind auch die jeweiligen Ausprägungen angegeben, sie können aber nur für die dort bereits vorhandenen Bedienelemente in den Bedienelemente-Baukasten übernommen werden.	0/4
	Tastkontrolle		0/4
	Unbeabsichtigtes Stellen		4/4
	Reibung		1/4
	Stellen mit Handschuhen		2/4
	Reinigungsmöglichkeit		2/4
Muster-Bild ideales Bedienelement (Draufsicht)	Pfad 2D	Gemäß Kapitel 5.4 gibt es für jedes Baukastenelement eine Abbildung in unverzerrter Draufsicht.	
	2D		
Muster-Bild ideales Bedienelement (Schrägan-sicht)	Pfad 3D	Gemäß Kapitel 5.4 gibt es für jedes Baukastenelement eine Abbildung in perspektivischer Schrägansicht.	
	3D		
Beispiel-Anwendung	Pfad Beispielphoto	Abbildung einer Beispielanwendung des Bedienelements	
	Beispielphoto		
Maße, Bewegung, Kräfte	Übernahme von anderen Teilen?	Werden die nachfolgenden systemergonomischen Idealmaße und -kräfte von einem oder mehreren anderen Baukastenelementen übernommen (vererbt) und wenn ja von welchem?	wie Druckschalter
Mindest-Maße / Größe (Minima lt. Literatur)	Länge	Soweit in der Literatur (Ruehmann 1993 b, S. 557 ff; DIN EN 894-3, S. 30 ff) vorhanden, werden hier entweder minimale/maximale oder optimale Maße und Kräfte eingetragen.	10 mm
	Breite		10 mm
	Höhe/Tiefe		
	Durchmesser	Für in der Literatur nicht vorhandene Bedienelemente, die aber aus vorhandenen herleitbar sind, werden die entsprechenden Maße und Kräfte von den vorhandenen zusammengesammelt und übernommen. Beispiel: Der Dreh-Drück-Steller hat Größe und Momente von Drehknopf (klein), Druckkraft von Druckschalter.	10 mm
	Knebelbreite		
	Steghöhe rel. zur Schaltfläche		
	Stegbreite		
	optimaler Abstand zwischen gleichartigen Elementen		4 mm
Bewegung (Optima lt. Literatur)	Auslenkungswinkel		
	Drehwinkel		
	Auslenkungsweg		3 – 10 mm
Kräfte (Bereich lt. Literatur)	Bedienkraft Druck		1 – 8 N
	Bedienkraft Zug		
	Bedienkraft Schub		

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Bedienmoment		
Gestaltung zur Unterstützung der Semantik	Grundform	Götz hat im Rahmen seiner Dissertation (Goetz 2007) untersucht, welche Formen, Oberflächen, Ausrichtungen von Elementen und Zusammenhänge mit anderen Flächen und Elementen bei Benutzern bestimmte Erwartungen hervorrufen. Ausgehend von seinen Erkenntnissen werden die Baukastenelemente so gestaltet, dass sie Freiheitsgrade, Berührflächen und zum Teil Funktionen ausdrücken können. Die Gestaltung wird im Kapitel 5.4 genau beschrieben.	Quader, evtl. umlaufende Fase oder Radius
	Oberfläche		konvex oder bombiert, evtl. zentriertes Oberflächensegment (Mulde, Riffelung)
	Bezugsfläche		in Druckrichtung umlaufende Fuge mit Fase
	Ausrichtung		egal
	Gestaltung		
Nutzung aufgrund der Gestalt	Funktionseignung nach Götz (auch als Teilfunktion!)	Götz hat in seiner Dissertation explizit Funktionsmerkmale benannt, die mit bestimmten Gestaltmerkmalen zusammenhängen (Goetz 2007, S. 87 ff). Diese sind: <ul style="list-style-type: none"> – Ein/Aus – Mehr/Weniger – Cursor 	Ein / Aus
Symbolik	Symbolik-Position (Skalen sind immer neben dem Element)	Gibt an, ob ein Funktionssymbol auf oder neben dem Element platziert werden sollte.	auf dem Element
	Symbolik beleuchtet	Sollen das Funktionssymbol und die Skala bei Dunkelheit beleuchtet werden? (Aus systemergonomischer Sicht ist das fast immer der Fall.)	ja
	Umriss beleuchtet	Soll zusätzlich zu Funktionssymbol und Skala auch der Umriss des Bedienelements bei Dunkelheit beleuchtet werden?	nein

5.3.4 Bedienelemente mit Lichtindex

In diesem Abschnitt sollen Bedienelemente betrachtet werden, die im Sinne der Systematik des Baukastens keine neuen Elemente sind, sondern andere und auch systemergonomisch schlechtere technische Ausführungen von Baukastenelementen, nämlich Bedienelemente, die statt einem physischen – also tast- und sichtbaren – Zeiger einen Lichtzeiger beziehungsweise Lichtindex besitzen. Die technische Ausführung mit einem Lichtindex kann prinzipiell für jedes Bedienelement angewendet werden, das über einen Zeiger verfügt, um auf einer Skala etwas anzuzeigen. In der Regel haben solche Bedienelemente auch Anschläge, bei Benutzung eines Lichtindex werden sie durch Endlossteller ersetzt.

Bedienelemente mit Lichtindex sind aus systemergonomischer Sicht schlechter als solche mit einem physischen Zeiger, weil der Lichtindex eben nicht tastbar ist, das Bedienelement also keine haptische Anzeige des Schaltzustands liefert. Der große Vorteil des Lichtindex besteht aber in der einfachen Fernsteuerbarkeit des Elements. In heutigen Fahrzeugen werden sehr viele Funktionen fernbedient, entweder durch redundante Bedienelemente oder durch eine Automatikfunktion oder einfach dadurch, dass nach einem Motorstart gewisse Grundzustände gelten sollen unabhängig vom Schaltzustand der letzten Fahrt.

Das systemergonomische Optimum wäre in diesen Fällen ein Bedienelement mit physischem Zeiger, das bei einer Zustandsänderung der bedienten Funktion seinen angezeigten Schaltzustand autonom ändern kann. Da eine solche technische Ausführung aber relativ teuer wäre und auch bestimmte Konflikte bestehen – beispielsweise wenn der Benutzer das Element während einer autonomen Verstellung bedient – ist der Lichtindex eine sinnvolle Alternative und wird genau deswegen hier explizit behandelt. Der Lichtindex steht damit zwischen dem gerade beschriebe-

nen Optimum und der vollständigen Trennung der Zustandsanzeige vom Bedienelement, zum Beispiel durch einen losgelösten Bildschirm.

Abbildung 35 zeigt die drei Alternativen: Links sieht man den schon aus Abbildung 26 bekannten Drehknebel (BMW 3er, 1990 – 2000, a), bei dem der aktuelle Einstellungswert sicht- und fühlbar ist. In der Mitte befindet sich ein Endlossteller mit LED-Kranz (BMW 5er, 2003 – 2010, b), also mit einem Lichtindex. In Abbildung 35 c sieht man einen Endlossteller (BMW 7er, 2001 – 2008), der zwar eine Skala, aber keinen Zeiger hat. Der hier eingestellte Wert wird in einem separaten Bildschirm angezeigt, der im realen Fahrzeug einen erheblichen Abstand zum Drehsteller hat.

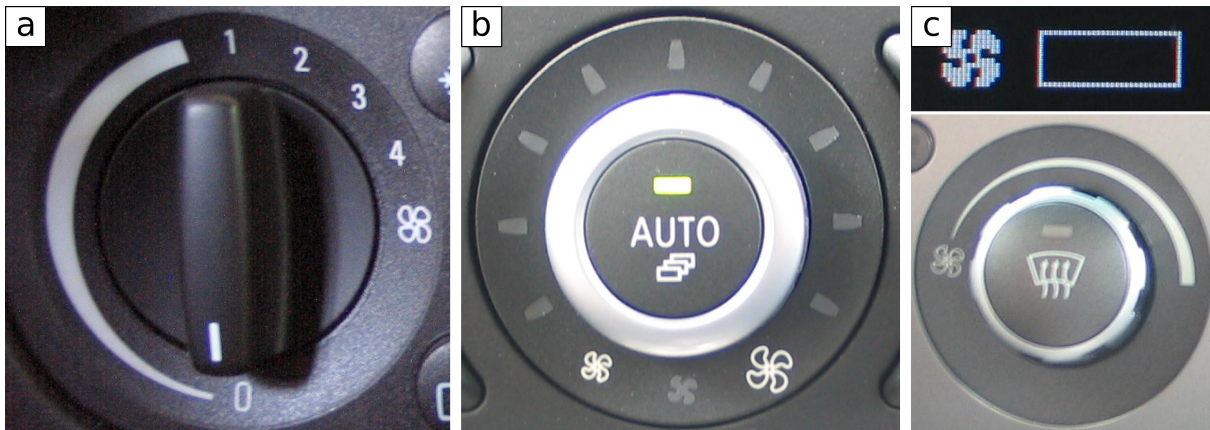


Abbildung 35: Drehsteller mit Lichtindex (b) als Zwischenglied zwischen Drehsteller mit physischem Index (a) und Endlossteller ohne Index (c)

Obwohl die Ausführung mit Lichtindex also aufgrund des schon erwähnten Fehlens der haptischen Schaltzustandsanzeige nicht das im Bedienelemente-Baukasten eigentlich angestrebte systemergonomische Optimum darstellt, ist sie angesichts des schon öfter angesprochenen Einzugs der Elektronik in das Fahrzeugcockpit und der damit verbundenen Zunahme von fernbedienbaren Funktionen zumindest im Auge zu behalten.

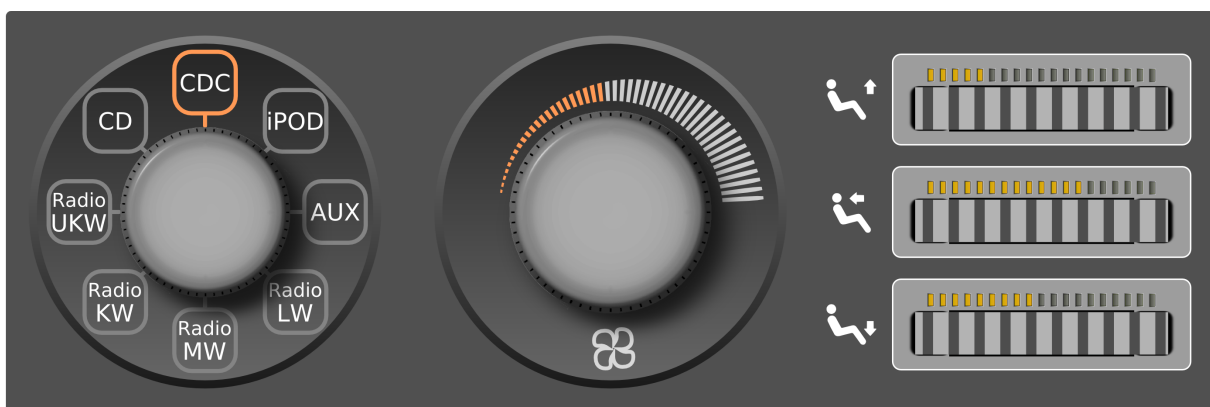


Abbildung 36: Drehsteller und Schiebepfeiler (Fingerschieber) jeweils mit Lichtindex

Es sei nur am Rande erwähnt, dass eventuell auch die Ausführung in Abbildung 35 c unter Umständen wegen der räumlichen Trennung von Bedien- und Anzeigenelement zu bevorzugen ist. Zum Abschluss dieses Exkurses zeigt Abbildung 36 drei theoretische Ausführungen mit

Lichtindex – die eines Drehschalters, eines sehr hoch aufgelösten Drehstellers und dreier Fingerschieber, jeweils in einer beispielhaften Anwendung.

5.4 Semantik der Bedienelemente

Götz hat sich im Rahmen seiner Dissertation (Goetz 2007) intensiv damit beschäftigt, welche Erwartungen bestimmte Gestaltmerkmale von Bedienelementen beim Benutzer hervorrufen. Dabei hat sich Götz insbesondere mit den Gestaltmerkmalen Grundkörper, Oberfläche, Seitenfläche, Radien und Fasen sowie Bezugsfläche auseinandergesetzt (Goetz 2007, S. 34 ff) und hat dabei sehr eindeutige Ergebnisse darüber erhalten, welche dieser Merkmale in welcher Weise Erwartungen bezüglich Ausrichtung, Greifart und -flächen, Bewegungsart und teilweise sogar Funktion hervorrufen (Goetz 2007, S. 60 ff). Norman nennt diese Merkmale „Signifier“ (Norman 2013, S. 13) und betrachtet sie als entscheidende Elemente in der Gestaltung von Geräten (Norman 2013, S. 13 ff).

Im Rahmen dieser Arbeit werden Götz' Erkenntnisse quasi rückwärts benutzt, indem die wirksamen Gestaltmerkmale beziehungsweise deren jeweils passende Ausprägung auf die Muster-Bedienelemente des Bedienelemente-Baukastens angewandt werden. So hat Götz beispielsweise herausgefunden, dass parallele Linien auf einer Oberfläche (Riffelung, Rändelung) den Benutzer bevorzugt dazu verleiten, das so versehene Objekt an der entsprechend ausgestatteten Oberfläche anzufassen und es senkrecht zu den Linien zu bewegen (Goetz 2007, S. 69 und S. 76). So erhalten alle Baukastenelemente, die parallel zu einer Berührfläche reibschlüssig bewegt werden, eine entsprechende Riffelung auf dieser Oberfläche, sofern nicht andere Gestaltmerkmale dem entgegen stehen.

Alle Baukastenelemente werden mit so vielen Gestaltmerkmalen aus Götz' Erkenntnissen wie möglich beaufschlagt, um sie aus systemergonomischer Sicht zu Muster-Bedienelementen zu machen, die im Sinne der Mensch-Maschine-Schnittstelle optimale Eingabeelemente mit maximalem Informationsgehalt darstellen. Neben Götz' Ergebnissen fließen dabei auch im Rahmen intensiver Expertengespräche^{16,17} die Resultate von Knoll ein, der sich in seiner Dissertation (Knoll 2006) ebenfalls ausgiebig mit der Wirkung der Gestalt von Objekten befasst hat. Die Semantik der Bedienelemente im Bedienelemente-Baukasten soll an den folgenden drei Beispielen verdeutlicht werden.

Abbildung 37 zeigt eine Halbwippe (St_039), eine besondere Form des Drucktasters (St_088), die nicht linear, sondern an der oberen Kante drehbar gelagert ist. Sie verfügt im Gegensatz zum Taster über eine schräg gestellte, dem Benutzer zugewandte Fläche, die die Betätigung „Drücken“ an der höheren Kante signalisiert. Wie auch beim Taster ist die Oberfläche konvex gewölbt, was ebenfalls das Drücken unterstützt. Die Fuge zwischen Bedienelement und Umgebungsfläche ist ein Spalt, der senkrecht zur Umgebungsfläche verläuft und dadurch zusammen mit der Flankengestalt des Bedienelements verdeutlicht, dass das Element sich senkrecht zur Umgebungsfläche in diese hinein bewegen kann und nicht fest mit ihr verbunden ist.

16 Gespräch mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 19. und 23. Juni 2008

17 Gespräch mit Hermann Künzner und Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 26. Juni 2008

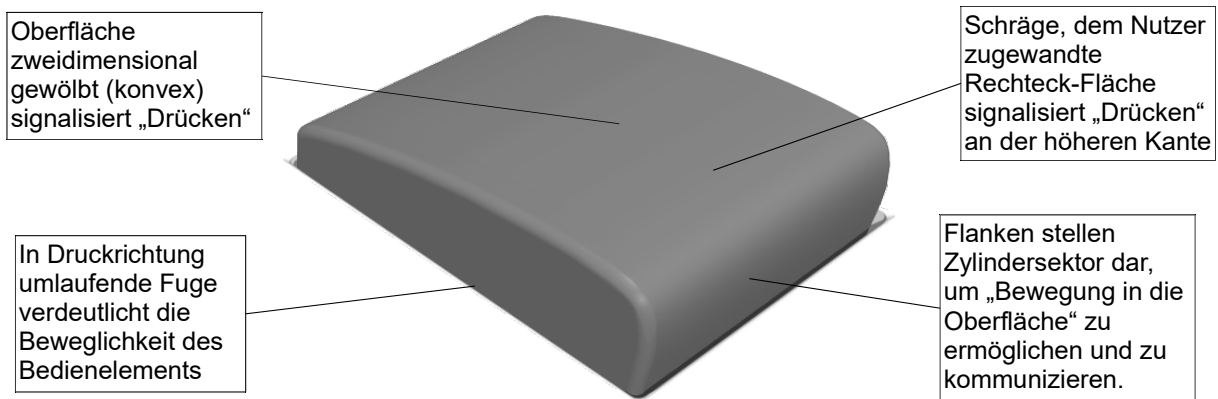


Abbildung 37: Semantik der Bedienelemente am Beispiel einer Halbwippe (St_039)

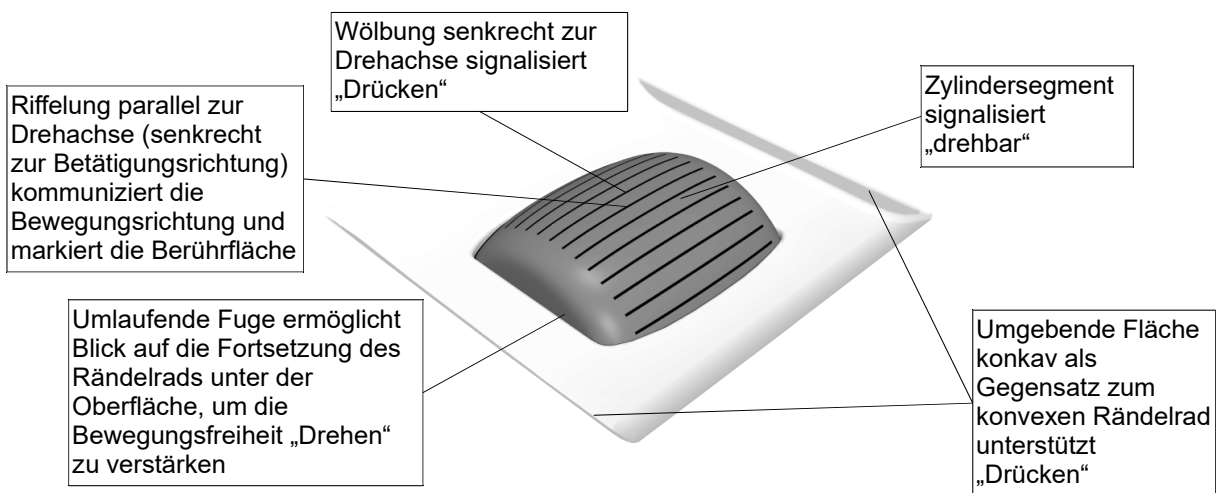


Abbildung 38: Semantik der Bedienelemente am Beispiel eines drückbaren Rändelrades (St_069)

Als zweites Beispiel zeigt die Abbildung 38 ein drückbares Rändelrad (St_069). Die Grundform dieses von Computermäusen hinlänglich bekannten, aber auch in Kraftfahrzeugen zunehmend auftauchenden Bedienelements ist ein Zylinder, der die Hauptbewegungsrichtung „Drehen“ vermittelt. Die Zylindermantelfläche ist aber nicht parallel zur Drehachse wie bei einem normalen Rändelrad (St_067), sondern konvex gewölbt, was, wie schon bei Halbwippe und Drucktaster, das Drücken signalisiert. Dieser Effekt wird noch verstärkt durch die entgegengesetzte – also konkave – Wölbung der unmittelbaren Umgebungsfläche.

Auf der Zylindermantelfläche ist die schon weiter oben beschriebene Riffelung aufgebracht, die sowohl die Berührfläche markiert als auch durch ihre Ausrichtung parallel zur Drehachse die Drehbewegung unterstützend vermittelt. Auch hier ist die Fuge zwischen Bedienelement und Umgebungsfläche so gestaltet, dass die Fähigkeit des Bedienelements, in die Fläche hinein gedrückt zu werden und sich außerdem in ihr zu drehen, klar erkennbar ist. Außerdem ist der Spalt an der Zylindermantelfläche so groß, dass man die Fortsetzung des Zylinders unterhalb der Umgebungsfläche errahnen kann und ihn so als vollen Zylinder und nicht als aufgesetzten Zylinderabschnitt wahrnimmt. Diese Wahrnehmung unterstützt wiederum die Erwartung der Drehbarkeit.

Als drittes Beispiel sieht man in Abbildung 39 einen Dreh-Kipp-Schalter (St_011). Die Grundform ist hier wieder ein Zylinder, um die Drehbarkeit des Elements zu signalisieren. Sie wird unterstützt durch die Riffelung, die auch hier auf der Zylindermantelfläche parallel zur Drehachse vorhanden ist. Da es sich um einen Schalter handelt, besitzt dieses Element einen Index (Zeiger). Dieser Index verläuft über die gesamte Höhe des Zylinders bis zur oberen Kante, um in jeder Schaltstellung gut tast- und sichtbar zu sein. Um den Charakter eines Zeigers zu verstärken ist der Index von der Drehachse des Schalters weg gepfeilt, also in der Draufsicht trapezförmig.

Die Oberfläche auf der Deckfläche des Zylinders ist vollkommen eben und ohne Riffelung, da das Bedienelement nicht drückbar ist und die Deckfläche daher auch keine Berührfläche ist. Der Unterbau des Dreh-Kipp-Schalters ist dagegen ein Kugelsegment, das deutlich unter dem Zylinder hervorsteht und auf dem der Schalter gleichsam aufgesetzt ist. Der breite Spalt zwischen dem Kugelsegment und dem Zylinder vermittelt, dass der Schalter sich auf dem Kugelsegment bewegen kann, also kippbar ist.

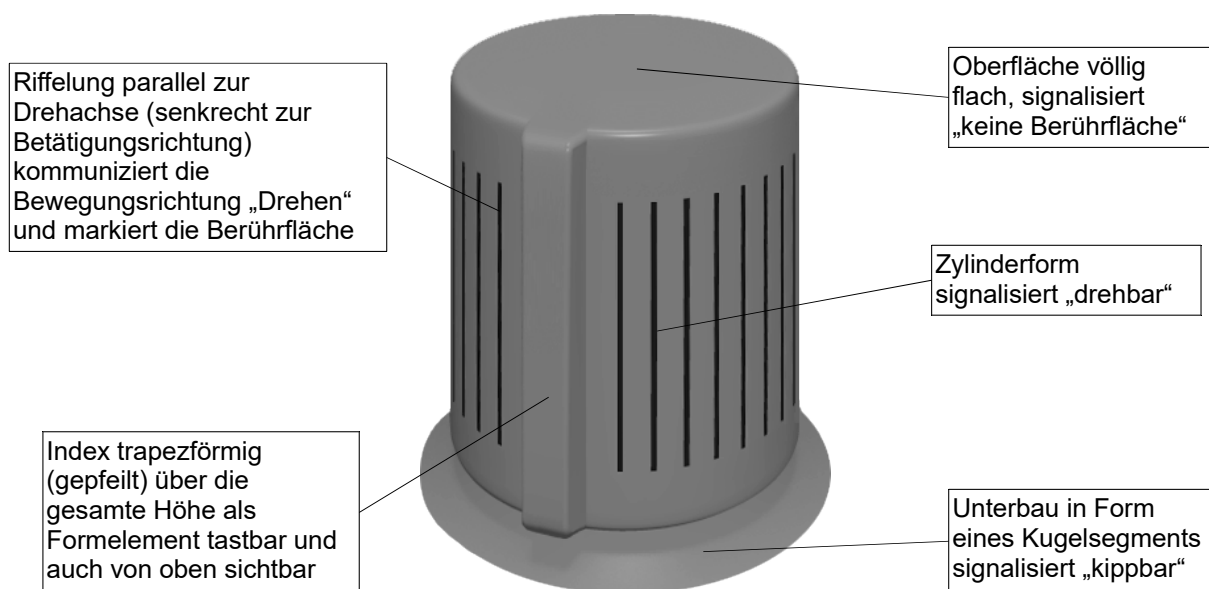


Abbildung 39: Semantik der Bedienelemente am Beispiel eines Dreh-Kipp-Schalters (St_011)

Alle Bedienelemente des Baukastens sind nach diesen Regeln gestaltet. Wie in Tabelle 10 auf Seite 112 beschrieben, ist für jedes Baukastenelement eine Beschreibung von Grundkörper, Oberfläche, Bezugsfläche, Ausrichtung und Feingestaltung – also Besonderheiten – vorhanden. Dadurch kann jedes Bedienelement seine Bewegungsart vermitteln und macht Bewegungssymbolik in Form von Pfeilen unnötig. Des Weiteren lassen die hier festgelegten Gestaltmerkmale der Bedienelemente die nicht beschriebenen Gestaltmerkmale wie beispielsweise Farben und Proportionen bewusst offen. Dadurch werden Spielräume für das Design der Bedienelemente eröffnet, ohne auf die systemergonomisch relevanten Eigenschaften zu verzichten.

Die in dieser Arbeit schon mehrfach auftauchenden Abbildungen von Baukastenelementen enthalten alle hier besprochenen Gestaltmerkmale. Es handelt sich um die in Tabelle 10 erwähnten und in Tabelle 9 beziehungsweise Tabelle 39 aufgeführten Abbildungen in Draufsicht und perspektivischer Ansicht. Kotronias hat sie für diese Arbeit im Rahmen eines Praktikums erstellt.

5.5 Methode zum Fund des optimalen Bedienelements

Bevor die Methode selbst betrachtet wird, seien einige Randbedingungen vorausgeschickt: Es wird hier davon ausgegangen, dass jede der untersuchten Nutzerfunktionen ein eigenes und dieser Funktion dauerhaft zugeordnetes Bedienelement erhält, also nicht durch ein Bildschirmsystem bedient wird. Es wird weiterhin von den Nutzerfunktion in ihrer aktuellen Form in der bereits in Kapitel 3.2 beschriebenen Funktionsliste ausgegangen. Das heißt explizit, dass diese Methode jede Nutzerfunktion einzeln betrachtet und nicht mehrere Funktionen in einem Bedienelement zusammenfasst¹⁸, auch wenn das bei bestimmten Funktionen aus Erfahrung oder Gewohnheit offensichtlich erscheint. Der Einfluss der in Kapitel 5.1.4 besprochenen und in Kapitel 5.2 durch die Analyse erfassten Gewohnheit wird erst im nachfolgenden Kapitel 5.6 ins Kalkül gezogen, denn diese Methode soll ein rein theoretisches Optimum herausstellen, das selbstverständlich später mit dem Gewohnten verglichen wird.

Des Weiteren bedeutet die Benutzung der einzelnen Nutzerfunktionen der Funktionsliste, dass bei dieser Methode keine Funktions-Stereotypen Verwendung finden, wie sie in Kapitel 4.3 gesucht werden, da zu erwarten wäre, dass die damit einhergehende Verallgemeinerung der Funktionen einen Verlust an Präzision bei der Auswahl des optimalen Bedienelements zur Folge hätte. Die Methode wird so angelegt, dass der durch die erwünschte Präzision bedingte Arbeitsaufwand durch maschinelle Verarbeitung aufgefangen werden kann.

5.5.1 Ablauf der Methode

Die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements geht im Wesentlichen davon aus, dass sich eine optimale Paarung eines Bedienelements und einer Nutzerfunktion dadurch auszeichnet, dass die Eigenschaften des Bedienelements und der Nutzerfunktion gut zusammenpassen. Das heißt, für eine bestimmte Ausprägung eines Nutzerfunktionsmerkmals ist aus systemergonomischer Sicht eine bestimmte Ausprägung eines Bedienelementmerkmals besser als andere Ausprägung dieses Bedienelementmerkmals. Folglich wären Bedienelemente, die diese bestimmte Ausprägung besitzen, für diese Nutzerfunktion besser geeignet als Bedienelemente, die eine der anderen Ausprägungen aufweisen.

Es ist anzunehmen, dass es eine Vielzahl solcher korrespondierender Nutzerfunktions- und Bedienelementeigenschaften gibt. Für jede theoretische Paarung aus einer Nutzerfunktion von der Funktionsliste und einem Bedienelement aus dem Bedienelemente-Baukasten lässt sich also eine bestimmte Anzahl von Eigenschaften vergleichen. Die Anzahl der systemergonomisch guten Konstellationen von Ausprägungen jeder Paarung aus Funktion und Bedienelement gibt schließlich Aufschluss über die Güte dieser Paarung.

Geht man von einer vorgegeben Nutzerfunktion aus, so müssen also die 101 Paarungen dieser Nutzerfunktion mit allen Bedienelementen des Bedienelemente-Baukastens betrachtet werden, und die Paarung mit der höchsten Anzahl guter Eigenschaftskonstellationen enthält folglich das unter den betrachteten Aspekten optimale Bedienelement für diese Funktion. Die Konstellationen dieser Eigenschaften sind praktisch Bedingungen für jede Paarung aus Bedienelement und Funktion: Je mehr Bedingungen erfüllt sind, desto besser passt das Bedienelement zur Funktion. Theoretisch gibt es drei Typen dieser Bedingungen (Eigenschaftskonstellationen):

¹⁸ Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 11. Februar 2009

1. Bedingung: Eigenschaft (Funktion) <Operator> Eigenschaft (Bedienelement)
 Musterbeispiel: Anzahl der Dimensionen (Funktion) \leq
 Anzahl der Freiheitsgrade (Bedienelement)
 Konkretes Bsp.: Anzahl der Dimensionen von „Außenspiegel verstellen“ (=2) \leq
 Anzahl der Freiheitsgrade von „2D-Kipphebelstaster“ (=2)
 → erfüllt

Die Eigenschaften von Funktion und Bedienelement haben dieselbe Einheit und sind daher direkt miteinander vergleichbar beziehungsweise lassen sich direkt über einen mathematischen Operator miteinander verknüpfen.

2. Bedingung: Eigenschaft (Funktion) <Operator> Ausprägung A UND
 Eigenschaft (Bedienelement) <Operator> Ausprägung B
 Musterbeispiel: Präzisionsanforderung (Funktion) = hoch UND
 Genauigkeit (Bedienelement) > 2
 Konkretes Bsp.: Präzisionsanforderung von „Radiofrequenz einstellen“ IST „hoch“
 UND
 Genauigkeit von „Drehknebel“ GRÖßER ODER GLEICH „3“
 → erfüllt

Die Eigenschaften von Funktion und Bedienelement haben nicht dieselbe Einheit und sind daher nicht direkt miteinander vergleichbar. Stattdessen ist jede Eigenschaft für sich mit einer Ausprägung über einen mathematischen Operator verknüpft und liefert so je eine eigene Bedingung. Die Einzelbedingungen sind über einen booleschen Operator miteinander verknüpft, so dass eine Gesamtbedingung entsteht.

3. Bedingung: Eigenschaft (Bedienelement) <Operator> Ausprägung
 Musterbeispiel: Kraftschluss (Bedienelement) = Formschluss
 Konkretes Bsp.: Kraftschluss von „Drehschalter“ IST „Formschluss“
 → nicht erfüllt

Allein eine Eigenschaft des Bedienelements ist relevant, sie steht in keiner Konstellation mit einer Eigenschaft der Funktion. Die Eigenschaft ist mit einer Ausprägung über einen mathematischen Operator verknüpft.

Die Suche nach dem optimalen Bedienelement wird also ausgeführt, indem zunächst jede Nutzerfunktion, für die ein optimales Bedienelement bestimmt werden soll, in Verbindung gebracht wird mit jeweils jedem Bedienelement aus dem Bedienelemente-Baukasten, und dann für jede dieser Paarungen jeweils alle Bedingungen überprüft werden. Vergibt man dabei für jede erfüllte Bedingung einen Punkt, dann gibt es am Ende für jede denkbare Paarung aus Nutzerfunktion und Bedienelement eine Punktesumme. Die unten folgende, programmiersprachenähnliche Schreibweise verdeutlicht diesen Zusammenhang. Eine Abbildung des Algorithmus als Flussdiagramm findet sich in Abbildung 85 auf Seite 255 im Anhang D.

```

Für jede Nutzerfunktion FU in allen Nutzerfunktionen
  Für jedes Bedienelement BE in allen Bedienelementen
    Für jede Bedingung K in allen zu bewertenden Bedingungen
      Wenn Bedingung K erfüllt ist
        dann Punktesumme(FU, BE) wird erhöht um 1
    Nächste Bedingung K
  Nächste Bedienelement BE
Nächste Nutzerfunktion FU
  
```


Diese Darstellung enthält zur Verdeutlichung der zusammengehörigen Teile einen Farbcode, der für den weiteren Verlauf dieser Arbeit beibehalten wird: Grün = Nutzerfunktion, Orange = Bedienelement, (Rot = Anzeigenelement,) Gelb = Bedingung. Die Arbeitsweise wird deutlicher, wenn man die Werte des ersten Beispiels der Eigenschaftskonstellationen von oben einsetzt: Die Laufvariable **FU**, die alle Nutzerfunktionen der Reihe nach durchgeht, hat den Wert **FU = Fu_224 (Außenspiegel verstellen)** angenommen, die Laufvariable **BE**, die alle 101 Bedienelement-Stereotypen durchläuft, hat den Wert **BE = St_047 (2D-Kipphebelstaster)** erreicht, und die Laufvariable **K**, die nacheinander alle Eigenschaftskonstellationen abarbeitet, hat gerade den Wert **K = 1 (Vergleich der Dimensionen)** eingenommen. Unter diesen Umständen führt das Programm also die Bedingungsabfrage „Ist die Anzahl der Dimensionen von „Außenspiegel verstellen“ kleiner oder gleich der Anzahl der Freiheitsgrade von „2D-Kipphebelstaster“?“ aus. Ist die Bedingung erfüllt – **$2 \leq 2 \rightarrow \text{WAHR}$** – dann wird die Punktesumme der Paarung um eins erhöht: Punktesumme (**Fu_224**, **St_047**) wird inkrementiert um eins.

Für jede Nutzerfunktion gibt es also 101 Paarungen mit je einem Bedienelement, von denen mindestens eine die höchste Punktzahl für diese Nutzerfunktion hat. Diese Paarung oder bei Punktgleichheit die Paarungen mit der höchsten Punktzahl ist die Paarung oder sind die Paarungen mit dem optimalen Bedienelement. Beim Zusammenzählen der Punkte genügt es, systemergonomisch positive Zusammenhänge zu bewerten, das heißt, es ist überflüssig, negative Zusammenhänge mit negativen Punkten zu bewerten.¹⁹

Es ist sinnvoll, den Eigenschaftskonstellationen zusätzlich ein Gewicht zu geben, um den Einfluss stärkerer und schwächerer Bedingungen entsprechend steuern zu können. So lässt sich beispielsweise eine Bedingung, die aus der primären Kompatibilität resultiert, stärker bewerten, als eine Bedingung, die die Fähigkeit eines Bedienelements betrifft, mit Handschuhen bedienbar zu sein.

Das bedeutet dann, dass ein Bedienelement, das nur die primäre Kompatibilität erfüllt und nicht mit Handschuhen bedienbar ist, eine höhere Punktesumme erhält als ein Bedienelement, das zwar mit Handschuhen bedienbar ist, aber nicht primär kompatibel. Das erste Bedienelement wäre dann nach Punkten besser für die Funktion geeignet, was aus systemergonomischer Sicht auch richtig ist. Die entsprechende Zeile von oben ändert sich dann wie folgt:

Punktesumme (**FU**, **BE**) wird erhöht um $1 * \text{Gewichtung}(\text{K})$

Im obigen Beispiel heißt das, dass die Punktesumme der Paarung nicht um eins erhöht, sondern um eins multipliziert mit dem Gewichtungsfaktor: Punktesumme (**Fu_224**, **St_047**) wird inkrementiert um Gewichtung von **Bedingung K**.

5.5.2 Herleitung der Eigenschaftskonstellationen

Für die Eigenschaftskonstellationen sind grundsätzlich alle Kombinationen aus einer Eigenschaft der Nutzerfunktion (siehe Tabelle 7 auf Seite 82) und einer Eigenschaft des Bedienelements (siehe Tabelle 10 auf Seite 112) denkbar. Dies wäre angesichts der schier Menge an Merkmalen und deren Ausprägungen allerdings kaum zu bewältigen und auch überhaupt nicht sinnvoll, denn beispielsweise die Funktionseigenschaft „Benutzungshäufigkeit“ steht systemergonomisch in keinem Zusammenhang mit der Bedienelementeigenschaft „Anzahl der Schaltstellungen“. Es gilt

¹⁹ Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 11. Februar 2009

daher, die relevanten Eigenschaftskonstellationen deduktiv herzuleiten und insbesondere die entsprechenden Ausprägungen für die mit Punkten zu bewertenden Bedingungen festzulegen.

Dennoch ist es natürlich nötig, alle Eigenschaftskonstellationen zu kennen, die überhaupt möglich sind. Zu diesem Zweck ist es sinnvoll, die Eigenschaften der Nutzerfunktionen (Tabelle 7 auf Seite 82) und die der Bedienelemente (Tabelle 10 auf Seite 112) gegenüberzustellen. Die im Rahmen dieser Arbeit benutzte, graphische Gegenüberstellung befindet sich in Abbildung 86 auf Seite 256 im Anhang D. Diese Gegenüberstellung bietet einerseits die Möglichkeit, alle denkbaren Paarungen zu erfassen, offenbart aber auch andererseits teilweise redundante Information in den Eigenschaften. Beispielsweise ist unter den Nutzerfunktionseigenschaften das „Zeitbudget für die Reaktion“ zwar eine andere Information als die Klassifikation nach dem systemergonomischen Aufgabeninhalt „Führungsart“ (vergleiche Abschnitt „Aufgabeninhalt“ in Kapitel 2.1.2.1), dennoch ist für die Auswahl des optimalen Bedienelements eine „dynamische Führung“ praktisch gleichbedeutend mit einem geringen „Zeitbudget für die Reaktion“. Für die Suche nach dem optimalen Bedienelement darf also nur eine der redundanten Eigenschaften Teil einer bewerteten Bedingung sein, sonst würde sich die Gewichtung der Bedingungen unbemerkt verschieben.

Für die konkrete Auswahl eines Bedienelements für eine Funktion bietet die Literatur nur wenige Hinweise – Tabelle 11 zeigt ein Beispiel von Rühmann – und sie sind in der Regel relativ vage. Aus diesem Grund liefert die Literatur zwar sicher einen Teil der relevanten Eigenschaftskonstellationen – im Beispiel von Tabelle 11 den Zusammenhang zwischen der Kontinuierlichkeit der Nutzerfunktion und offenbar der Anzahl der Raststellungen des Bedienelements – aber noch kein vollständiges Bild. Es scheint daher notwendig, die Eigenschaftskonstellationen auf Basis der beschriebenen Gegenüberstellung direkt aus der systemergonomischen Theorie (siehe Kapitel 2) herzuleiten und mit ihrer Hilfe zu bewerten.

Tabelle 11: Stellteilauswahl für kontinuierliche und diskrete Funktionen (nach Rühmann 1993 b, S. 555)

Größe des Einstellbereichs	Betätigungsart	Geeignetes Stellteil
Kleiner Bereich	Kontinuierlich	Drehknopf, Drehknebel, Rollball, Maus, Lichtgriffel, Zugbügel / -ring / -knopf, Stellhebel für Fingerbetätigung, Griffschieber
Großer Bereich	Kontinuierlich	Handrad, Kurbel, Drehknopf mit ausklappbarer Kurbel, Rollball, Maus, Lichtgriffel, Griffschieber, Stellhebel für Handbetätigung
2 Stufen	Diskret	Druckknopf / -taster, virtuelle Taster, Wippschalter / -taster, Kippschalter / -taster, Stellhebel, Zugbügel / -ring / -knopf mit 2 stabilen Positionen
3 Stufen	Diskret	Kipp-/Wippschalter, Drehschalter/-knebel, Stellhebel
4 bis 10 Stufen	Diskret	Drehschalter/-knebel, Kodierschalter, Stellhebel, Griffschieber
4 bis 24 Stufen	Diskret	Drehschalter/-knebel, Griffschieber

Der komplette Satz der zu bewertenden Bedingungen – also der Eigenschaftskonstellationen – wird daher in Zusammenarbeit und enger Abstimmung mit mehreren Experten^{20,21,22} erstellt. In Tabelle 12 ist beispielhaft eine der Bedingungen beschrieben. Alle Bedingungen sind in Tabelle 37 auf Seite 257 in Anhang D aufgelistet. In beiden Tabellen enthält die erste Spalte dabei jeweils das zu überprüfende Merkmal von Nutzerfunktion oder Bedienelement, die zweite den mathematischen Operator, der das Merkmal mit der Ausprägung in der dritten Spalte verknüpft. Die

20 Gespräche mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 4., 13. und 16. Februar 2009

21 Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 11. Februar 2009

22 Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 7. April 2009

Spalten vier und fünf enthalten logische Operatoren, die die Einzelbedingungen einer Zeile zu einer ganzen Bedingung verknüpfen, zum Teil in zwei Ebenen, was nur beim Typ 2 der Eigenschaftskonstellationen nötig ist.

Die Eigenschaftskonstellation in Tabelle 12 ist die schon weiter oben als Beispiel benutzte Bedingung, dass das Bedienelement mindestens so viele Freiheitsgrade haben sollte, wie die Aufgabe Dimensionen hat. Die sechste Spalte enthält eine Anmerkung oder Begründung für die jeweilige Bedingung.

Tabelle 12: Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Bedienelement

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Dimensionen (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Ideal, wenn die Freiheitsgrade übereinstimmen
AnzahlFreiheitsgradegesamt (BE)					

5.5.3 Sonderfall Freiheitsgrade

Besondere Beachtung verdient der Vergleich der Freiheitsgrade des Bedienelements mit den Dimensionen der Nutzerfunktion. Er lässt sich nicht in das vorgegebene Schema der Bedingungen einfügen, weil dabei die Dimensionen beziehungsweise Freiheitsgrade in Kombination mit ihrer Bewegungsart und den jeweils verfügbaren Auswahlmöglichkeiten beziehungsweise Schalt- und Raststellungen bewertet werden müssen und dabei eine zu komplexe logische Verknüpfung benötigen, um in Zeilen einer Tabelle dargestellt zu werden. Rast-, Schaltstellungen und Kontinuierlichkeit müssen für jede Dimension beziehungsweise für jeden Freiheitsgrad einzeln bewertet werden, wobei für jede Dimension der Nutzerfunktion ein Freiheitsgrad des Bedienelements vorhanden sein sollte, der diese Dimension in Kontinuierlichkeit, Bewegungsart und Schaltstellungen darstellen kann.

Diese Forderung leitet sich direkt aus dem Prinzip der primären Kompatibilität her (vergleiche Abschnitt „Primäre äußere Kompatibilität“ in Kapitel 2.1.2.3). Nur ein Bedienelement, das in den genannten Merkmalen mit der Funktion übereinstimmt, kann diese und damit die Realität angemessen abbilden, also kompatibel sein. Zweifellos gibt es hier Abstufungen zwischen voll kompatibel und überhaupt nicht kompatibel: Ein Bedienelement, das sein Ziel nur in einem Merkmal verfehlt, ist für die Funktion immer noch besser geeignet als eines, das gar kein Kriterium erfüllt.

Durch diese kombinierte und differenzierte Betrachtung mehrerer Merkmale entsteht ein Entscheidungsbaum. Es wird also nicht mehr eine einzelne Bedingung auf Erfüllung überprüft, sondern immer ein bestimmter Zweig des Entscheidungsbaumes bis zum Ende verfolgt. Am Ende jedes Zweiges steht eine Punktzahl, die die systemergonomische Güte der Eigenschaftskombination des Zweiges widerspiegelt. Diese Punktzahl ist in mehreren Iterationen mit Knoll²³ und Künzner²⁴ abgestimmt. Abbildung 40 zeigt einen Ausschnitt aus dem Entscheidungsbaum. Der komplette Entscheidungsbaum befindet sich in Abbildung 87 auf Seite 261 in Anhang D.

²³ Gespräche mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 13. und 16. Februar, sowie 16. März und 9. April 2009

²⁴ Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 11. Februar 2009



Abbildung 40: Ausschnitt aus dem Entscheidungsbaum für den Vergleich der Dimensionen der Nutzerfunktion mit den Freiheitsgraden des Bedienelements. Zu sehen sind die letzten drei von acht Entscheidungsebenen. Die im Beispiel unten durchlaufenen Zweige sind in diesen Ebenen orange markiert.

Der Entscheidungsbaum wird für jede denkbare Kombination einer Funktionsdimension und eines Bedienelementfreiheitsgrades angewandt. Daher überprüfen die ersten beiden Entscheidungsebenen, ob die Dimension bei der Funktion vorhanden beziehungsweise der Freiheitsgrad beim Bedienelement verfügbar ist.

Die dritte Ebene überprüft, ob der Freiheitsgrad des Bedienelements schon für eine andere Dimension der Funktion benutzt ist. Ohne diese Prüfung würde ein Freiheitsgrad für mehrere passende Dimensionen der Funktion als gut bewertet und das Bedienelement würde Punkte erhalten, obwohl es gar nicht über die nötigen Freiheitsgrade verfügt.

Die Entscheidungsebenen vier und fünf überprüfen, ob die Bewegungsarten von Dimension und Freiheitsgrad zusammenpassen, und, ob diese überhaupt angegeben sind. Ist die Funktion beispielsweise so abstrakt, dass ihr weder Translation noch Rotation zugeordnet ist, dann sind sowohl translatorische als auch rotatorische Bedienelemente für sie geeignet.

Die Ebenen sechs, sieben und acht – sie sind in Abbildung 40 zu sehen – vergleichen schließlich die Auswahlmöglichkeiten der Funktion auf der aktuell betrachteten Funktionsdimension mit den Schalt- und Raststellungen des aktuell betrachteten Freiheitsgrades des Bedienelements. Hierin steckt indirekt auch die Kontinuierlichkeit, denn wie schon weiter oben festgestellt wurde (vergleiche Kapitel 5.1.3), ist die Kontinuierlichkeit des Bedienelements für sich genommen schwer feststellbar. Es kommt auf die Kombination mit der Funktion an.²⁵ Daher wird hier der Gesamtverbund aus Auswahlmöglichkeiten, Schaltstellungen und Raststellungen bewertet.

Nachfolgend wird ein Zweig des Entscheidungsbaums beispielhaft durchlaufen, in Abbildung 40 sind die entsprechenden Zweige orange markiert. Zur Verdeutlichung werden die bereits bekannten Farben für Funktionen und Bedienelemente benutzt. Die Benennung der untersuchten Kombination aus einer Dimension x der Funktion FU und einem Freiheitsgrad y des Bedienelements BE bildet die Wurzel, es folgen die acht Entscheidungsebenen und am Ende steht das Ergebnis des Zweiges in Form einer Punktzahl:

Paarung **Dimension(FU, x)** – **Freiheitsgrad(BE, y)**

1. → **Dimension(FU, x)** ist vorhanden

²⁵ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. Februar 2008

2. → $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y)$ ist vorhanden
3. → $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y)$ ist noch nicht benutzt
4. → Bewegungsart von $\text{Dimension}(\text{FU}, x)$ ist rotatorisch
5. → Bewegungsart von $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y)$ ist Rotation
6. → Auswahlmöglichkeiten der $\text{Dimension}(\text{FU}, x) = 2$
7. → Schaltstellungen von $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y) = 2$
8. → Rasten von $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y) = 2$
→ Punkte = 3; Merker $\text{Freiheitsgrad}(\text{BE}, y)$ benutzt

In diesem Fall werden drei Punkte vergeben, weil es für die zwei Auswahlmöglichkeiten der Dimension der Funktion genau zwei Schaltstellungen auf dem Freiheitsgrad des Bedienelements gibt. Außerdem sind beide Schaltstellungen auch Raststellungen, und die Bewegungsart stimmt auch überein. Es liegt also das systemergonomische Optimum vor und deswegen wird am Ende des Zweiges die maximale Punktzahl von drei Punkten vergeben.

Ein Durchlauf mit einem konkreten Beispiel soll die Arbeitsweise des Entscheidungsbaums verdeutlichen: Die Funktion ist die Fu_196 „Öffnen und Schließen des klappbaren Bildschirms“. Diese Funktion ist eindimensional, sie vollführt in dieser Dimension eine Rotation und besitzt zwei Auswahlmöglichkeiten, denn alle Zwischenstellungen neben ganz auf und ganz zu sind nicht sinnvoll. Das Bedienelement für das Beispiel ist St_095, der Wippschalter. Er besitzt einen Freiheitsgrad, auf dem er sich rotatorisch bewegt und als Schalter verfügt er über zwei rastende Schaltstellungen – drei wären bei diesem Element denkbar, sind aber nicht empfohlen (Salvendy 1997, S. 704). Der Ablauf sieht dann wie folgt aus:

Paarung $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 1) - \text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$

- | | |
|---|--------------------|
| 1. → $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 1)$ ist vorhanden? | Ja, weiter. |
| 2. → $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$ ist vorhanden? | Ja, weiter. |
| 3. → $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$ ist noch nicht benutzt? | Noch frei, weiter. |
| 4. → Bewegungsart von $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 1)$ ist rotatorisch | Ja, weiter. |
| 5. → Bewegungsart von $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$ ist Rotation | Ja, weiter. |
| 6. → Auswahlmöglichkeiten der $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 1) = 2$ | Ja, weiter. |
| 7. → Schaltstellungen von $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1) = 2$ | Ja, weiter. |
| 8. → Rasten von $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1) = 2$ | Ja, weiter. |
- Die Paarung Paarung $(\text{Fu}_{196}, \text{St}_{095})$ erhält drei Punkte; Es wird ein Merker gesetzt, dass $\text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$ bereits von dieser Funktion benutzt ist und in dieser Paarung keine Punkte mehr erhalten darf.

Der nächste Durchlauf überprüft die zweite Dimension der Funktion. Da sie nicht vorhanden ist, weil die Funktion eindimensional ist, wird diese Abfrage mit Null Punkten abgebrochen.

Paarung $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 2) - \text{Freiheitsgrad}(\text{St}_{095}, 1)$

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. → $\text{Dimension}(\text{Fu}_{196}, 2)$ ist vorhanden? | Nein, Abbruch, 0 Punkte. |
|--|--------------------------|

Das heißt, die Punktesumme der Paarung bleibt auf dem aktuellen Stand von drei Punkten und die nächste Paarung aus Nutzerfunktion und Bedienelement wird überprüft, in diesem Fall das nächste Bedienelement St_096, der Wipptaster, mit derselben Funktion.

Paarung $\text{Dimension}(\text{Fu_196},1) - \text{Freiheitsgrad}(\text{St_096},1)$

1. $\rightarrow \text{Dimension}(\text{Fu_196},1)$ ist vorhanden? Ja, weiter.
2. ...

Übrigens achtet der Entscheidungsbaum bewusst nicht darauf, dass die Dimension x und der Freiheitsgrad y dieselbe Raumachse verkörpern, weil hier zunächst nur der optimale Bedienelement-Typ gesucht. Auch liegen die Baukastenelemente nur in einer Ausrichtung im Baukasten vor, können aber in verschiedenen Ausrichtungen angewandt werden. Bei der späteren Anwendung ist selbstverständlich die primäre Kompatibilität nach Möglichkeit zu beachten.

Bei dieser Methode hängt die maximal erreichbare Punktzahl von der Anzahl der Dimensionen der Funktion ab, da für jede Dimension, für die ein passender Freiheitsgrad gefunden wird, Punkte vergeben werden. Dadurch können mehrdimensionale Nutzerfunktionen mehr Punkte erreichen als eindimensionale. Das stört in der Gesamtbewertung aber nicht, weil ohnehin immer das optimale Bedienelement für eine einzelne Funktion gesucht wird und daher die Punkte der Funktionen untereinander nicht verglichen werden.

5.5.4 Festlegung der Gewichtung

Eine Gewichtung, wie von Lindemann beschrieben (Lindemann 2005, S. 269), der Eigenschaftskonstellationen ist deswegen wichtig, weil ohne sie – also bei absoluter Gleichwertigkeit aller Eigenschaftskonstellationen – eventuell die Punkte mehrerer unwichtiger Eigenschaften die einer einzelnen, sehr wichtigen aufheben könnten. Mit der Wichtigkeit einer Eigenschaftskonstellation ist dabei die Relevanz gemeint, die sie für die systemergonomische Güte einer Paarung aus Nutzerfunktion und Bedienelement hat, also die Belastbarkeit oder die Härte des Kriteriums im Bezug auf das Endziel, nämlich die Minimierung des mentalen Aufwands bei der Bedienung.

Beispielsweise leitet sich, wie schon beschrieben, das Ergebnis des Entscheidungsbaums direkt aus dem sehr wichtigen Prinzip der primären Kompatibilität her. Dieses Kriterium kann daher als sehr belastbar und damit gewichtig gelten. Andere Eigenschaftskonstellationen wie beispielsweise die Forderung nach Zufassungsgriff bei hoher Präzisionsanforderung der Funktion sind deshalb natürlich nicht falsch, im Vergleich sind sie aber weniger belastbar. Es muss ausgeschlossen werden, dass ein Bedienelement, das in mehreren unwichtigen Bedingungen Punkte sammelt, dabei aber in einer wichtigen Bedingung versagt, ein anderes Bedienelement nach Punkten übertrifft, das diese wichtige Bedingung erfüllt, dafür aber die unwichtigen nicht.

Die Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen richtet sich also nach der systemergonomischen Relevanz. Das Ziel des optimalen Bedienelements kann nur erreicht werden, wenn belastbarere systemergonomische Zusammenhänge auch höher gewichtet werden. Andernfalls könnte es zu dem schon oben beschriebenen Punktausgleich kommen und damit zur Vernachlässigung der wichtigen Eigenschaften.

Wie schon die Punkte des Entscheidungsbaums werden auch die Gewichte in mehreren Schleifen von Expertengesprächen mit Knoll²⁶ und Künzner²⁷ abgestimmt. Das Ziel ist es dabei, die Gewichte sorgfältig auszutarieren, so dass einerseits die erwünschte Priorisierung nach der Belastbarkeit vorhanden ist, dass aber andererseits auch Sonderfälle berücksichtigt werden, wie die Geschwindigkeitssteuerung, die ein monostabiles Bedienelement unbedingt verlangt.²⁶ Daher erhält diese Eigenschaftskonstellation ein sehr hohes Gewicht, da es den Punktenachteil, den jene beim Kriterium der Kompatibilität – im Entscheidungsbaum – erhält, ausgleichen muss.

Auch muss die angesprochene Punkteaufhebung verhindert werden, weswegen beispielsweise der Vergleich der reinen Anzahlen von Dimensionen und Freiheitsgraden – als Beispiel in Tabelle 13 zu sehen – ebenfalls ein sehr hohes Gewicht erhält, um genau einen mäßig kompatiblen, überzähligen Freiheitsgrad im Entscheidungsbaum auszugleichen. Die Gewichtung aller Bedingungen sind in Tabelle 38 auf Seite 259 in Anhang D aufgelistet.

Beide Tabellen enthalten in den letzten drei Spalten die Punktzahl bei Erfüllung der Bedingung, das Gewicht der Bedingung und die sich daraus ergebende maximale Punktzahl, die die Bedingung zur Punktesumme einer Paarung aus Nutzerfunktion und Bedienelement beitragen kann. Die Zahlen – im Beispiel die 22 – sind deswegen so gewählt, um in bestimmten Fällen bewusst Ungleichheit herbeizuführen: Fünf Punkte sind mehr und nicht gleich zwei mal zwei Punkte – 22 Punkte sind mehr und nicht gleich zwei mal zehn oder vier mal fünf Punkte.

Aus genau diesem Grund hat der Eintrag des Entscheidungsbaums ein Gewicht von elf, da er aber aufgrund seiner differenzierteren Betrachtung der Freiheitsgrade maximal drei Punkte vergeben kann statt nur einem wie bei den anderen Bedingungen, und das außerdem für die maximal drei Dimensionen einer Nutzerfunktion, hat er eine maximale Punktesumme von 99 Punkten. Beim Sonderfall der Freiheitsgrade ist naturgemäß das Punktemaximum das Neunfache des Gewichts, weil er mit null bis neun Punkten die größte Spreizung hat. Damit ist aber auch die erwünschte hohe Gewichtung der primären Kompatibilität erreicht.

Tabelle 13: Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Bedienelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Freiheitsgrade (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	22	22
AnzahlFreiheitsgradegesamt (BE)							

Damit ist die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements ausreichend beschrieben. Dank der schon angedeuteten Möglichkeit einer maschinellen Verarbeitung dieser Methode ist es möglich, alle Paarungen der in Abschnitt „Auswahl der analysierten Funktionen“ in Kapitel 4.2 beschriebenen circa 300 Funktionen und der 101 Bedienelemente des Baukastens einzeln zu analysieren ohne den Informationsverlust durch eine Verallgemeinerung oder Klassenbildung in Kauf nehmen zu müssen. Dabei ist es auch möglich, bei unterschiedlichen Rechenläufen die Gewichtung unter Einhaltung ihres ursprünglichen Zwecks leicht zu variieren, wobei sich die Ergebnisse als stabil gegenüber dieser Variation erweisen und damit die Gewichtung verifizieren.

²⁶ Gespräche mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 13. und 16. Februar, sowie 16. März und 9. April 2009

²⁷ Gespräch mit Hermann Künzner, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 11. Februar 2009

5.6 Ergebnisse: Optimales Bedienelement

Wird die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements wie beschrieben ausgeführt, erhält man zunächst eine Matrix, die die 101 Bedienelemente den circa 300 Nutzerfunktionen gegenüberstellt, und deren Felder Punktesummen enthalten. Tabelle 14 zeigt einen kleinen Ausschnitt aus dieser Ergebnismatrix. Sie lässt sich nur nach den Funktionen ordnen, das heißt es kann nur innerhalb einer Funktionszeile nach der Spalte mit den höchsten Punkten – in Tabelle 14 in Dunkelblau markiert – innerhalb der Zeile gesucht und dieser Spalte das entsprechende Bedienelement entnommen werden.

In Tabelle 14 sind auch die zweiten (Hellblau) und dritten (Grau) Plätze markiert, das heißt die Bedienelemente mit der zweit- und dritthöchsten Punktesumme, allerdings gilt auch das nur innerhalb der Funktionszeile. Zwar kann man auch die Bedienelementspalte betrachten und so die Punkte erfahren, die dieses Bedienelement in Verbindung mit jeder Funktion erhält, innerhalb der Spalte sind die Punktesummen aber – wie schon weiter oben erläutert – nicht miteinander vergleichbar.

Tabelle 14: Auszug aus der Ergebnismatrix des optimalen Bedienelements
(Dunkelblau = Platz eins, Hellblau = Platz zwei, Grau = Platz drei)

		...	Drehtaster	Drehtaster rohrförmig	Druckschalter	Drück-Schiebe-Taster	Drück-Zieh-Schalter	...
Funktion	Fu_ID	...	St_025	St_026	St_027	St_028	St_029	...
...	...							
Frontwischer ein / aus (inkl. langsam/schnell)	Fu_215		47	47	47	33	46	
Tippwischen vorne (Druck nach unten)	Fu_216		26	26	42	45	36	
Wischerautomatik (Regensensor) ein / aus	Fu_217		26	26	80	39	74	
Einstellung Empfindlichkeit Regensensor	Fu_218		36	36	42	17	41	
Frontscheibe und Scheinwerfer reinigen	Fu_219		26	26	42	45	36	
Heckwischer (Intervallwischen) ein / aus	Fu_220		26	26	80	39	74	
Heckscheibe reinigen	Fu_221		26	26	42	45	36	
...	...							

Es gibt daher auch keine Punkteschwellen, die ein Bedienelement absolut zu einem geeigneten Bedienelement machen, es gilt immer nur die im Vergleich mit den anderen Punkten derselben Funktionszeile höchste Punktzahl. Es kann dabei vorkommen, dass mehrere Bedienelemente dieselbe höchste Punktzahl haben. Zwar unterscheiden sich alle Baukastenelemente in mindestens einem systemergonomisch relevanten Merkmal, allerdings kann es sein, dass dieses Merkmal nicht Bestandteil einer Eigenschaftskonstellation und damit einer Bedingung ist. In diesem Fall

sind aus rein systemergonomischer Sicht beide Bedienelemente gleich gut geeignet und die Entscheidung muss auf zusätzlichen Anforderungen basieren.

Eine sehr wichtige, zusätzliche Anforderung ist die bereits in Kapitel 5.1.4 besprochene Gewöhnung der Benutzer an bestimmte, häufig auftretende Bedienelemente für bestimmte Nutzerfunktionen. Das Ergebnis dieser Methode muss also, wie auch schon weiter oben erwähnt, in jedem Fall mit eventuell vorhandener Gewohnheit verglichen und bei einem Konflikt sorgfältig abgewogen werden.

Die komplette Ergebnismatrix hier abzubilden, ist aufgrund ihrer Größe unmöglich – es sei aber der Verweis auf das Gesamtergebnis in Tabelle 47 im Anhang G auf Seite 291 vorweggenommen, wo für jede analysierte Funktion das optimale Bedienelement zu finden ist. Da es auch äußerst schwierig wäre, an dieser Stelle alle Nutzerfunktionen und deren optimales Bedienelement zu diskutieren, werden im Folgenden einige interessante Beispiele ausgewählt und vorgestellt. Dabei werden jeweils das Ergebnis der oben beschriebenen Methode und die Möglichkeit einer gewohnten Bedienung besprochen.

Fahrlicht

Die Funktion des Fahrlichtes, beziehungsweise des Abblendlichts ist sozusagen von Anfang an in Kraftfahrzeugen vorhanden und daher ein hervorragendes Beispiel für den Wandel, dem eine Nutzerfunktion unterliegen kann. Selbst nach der Elektrifizierung hat diese Funktion mehrere technische Schritte von der einfachen Glühlampe bis hin zum heutigen Xenon-Licht und zum LED-Scheinwerfer durchlaufen, und mit ihr hat sich das Bedienelement über die Zeit häufig verändert, wie Abbildung 41 zeigt.

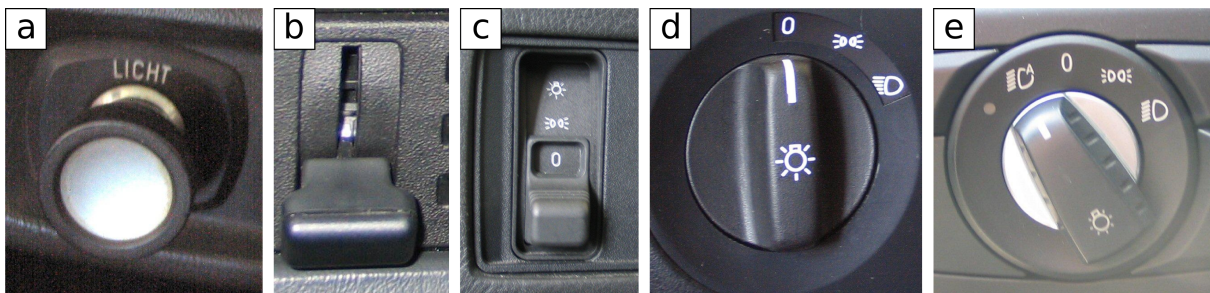


Abbildung 41: Lichtschalter in den BMW 5ern von 1972 (a), 1981 (b), 1987 (c), 1995 (d) und 2003 (e)

Man stellt in Abbildung 41 fest, dass sich die durchaus unterschiedlichen Spielarten des Lichtschalters bei BMW in den letzten fünfzehn Jahren beim Knebelschalter (St_053) eingependelt haben. Auch mehrere andere Hersteller benutzen – sofern sie die Bedienung des Fahrlichtes nicht auf dem Blinkerhebel platzieren – Knebelschalter als Lichtschalter. Genau die Platzierung am Blinkerhebel aber, die besonders bei den japanischen Herstellern äußerst beliebt ist, führt dazu, dass tatsächlich die Dreh-Drück-Zieh-Steller (St_007, Abbildung 41 a) bereits mit 30 % den größten Anteil an den Bedienelementen haben, wie in Tabelle 15 zu lesen und auch schon aus Abbildung 33 (auf Seite 107) bekannt ist.

Tabelle 15: Häufigkeiten realer Bedienelemente als Lichtschalter

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Häufigstes Bedienelement	Prozentanteil	Vorkommen in erfassten Fahrzeugen
Standlicht ein / aus	Fu_154	St_007; Dreh-Drück-Zieh-Steller	30%	10
Fahrlicht ein / aus	Fu_155	St_007; Dreh-Drück-Zieh-Steller	30%	10
Tagfahrlicht ein / aus	Fu_173			0

Dieses Ergebnis hängt eindeutig mit der Stichprobe der hier betrachteten Fahrzeuge zusammen und kann daher und auch wegen des eher geringen Anteils von 30 %, trotz des hohen Vorkommens der Funktion in den Fahrzeugen – nämlich in allen hier einbezogenen – nicht als gewohnt gelten. Dass die Funktion „Tagfahrlicht“ ein Vorkommen von Null hat, liegt übrigens daran, dass sie zwar in einigen der neueren Fahrzeuge vorhanden ist, aber nie ein eigenes Bedienelement hat.

Betrachtet man nun die optimalen Bedienelemente aus der oben beschriebenen Methode in Tabelle 16, ergibt sich für die soeben besprochenen Funktionen zunächst jeweils ein Druckschalter (St_027) oder gleichwertig ein Wippschalter (St_095). Das liegt daran, dass die Nutzerfunktionen „Standlicht“, „Fahrlicht“ und „Automatisches Fahrlicht“ in der Funktionsliste als einzelne Funktionen auftauchen, obwohl sie in nahezu allen aktuellen Fahrzeugen in einem gemeinsamen Bedienelement zusammengefasst sind. Die einzelne Betrachtung der Funktionen ist zunächst nicht falsch, denn es gibt keinen offensichtlichen Grund für diese Zusammenfassung. Ausschlaggebend ist die Erwartung des Benutzers, wie bereits in Kapitel 4.1 diskutiert.

Tabelle 16: Optimales Bedienelement als Lichtschalter

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Optimales Bedienelement	Optimales Bedienelement (ID)
Standlicht ein / aus	Fu_154	Druckschalter; Wippschalter	St_027; St_095
Fahrlicht ein / aus	Fu_155	Druckschalter; Wippschalter	St_027; St_095
Automatisches Fahrlicht ein / aus	Fu_156	Druckschalter; Wippschalter	St_027; St_095
Tagfahrlicht ein / aus	Fu_173	Druckschalter; Wippschalter	St_027; St_095
Fahrlicht als Kontinuum	Fu_301	Knebelschalter	St_053
Fahrlicht als Kontinuum inkl. Nebellicht	Fu_302	Dreh-Drück-Zieh-Knebelschalter	St_005

Folgt man der normativen Kraft der Fahrzeuganalyse und integriert alle Fahrlicht-Funktionen in einer einzigen Funktion als Kontinuum – in Tabelle 16 die fünfte Funktionszeile (Fu_301) – dann ergibt die Methode zum Fund des optimalen Bedienelements in der Tat den Knebelschalter (St_053), der bei sehr vielen aktuellen Kraftfahrzeugen als Lichtschalter eingebaut ist. Fügt man der neuen Funktion noch die Einzelfunktionen „Nebelscheinwerfer“ und „Nebelschlusslicht“ als zweite Dimension hinzu – in Tabelle 16 die sechste Funktionszeile (Fu_302) – dann schlägt die Methode den Dreh-Drück-Zieh-Knebelschalter (St_005) vor, wie er beispielsweise bei VW, Audi und Porsche eingesetzt wird.

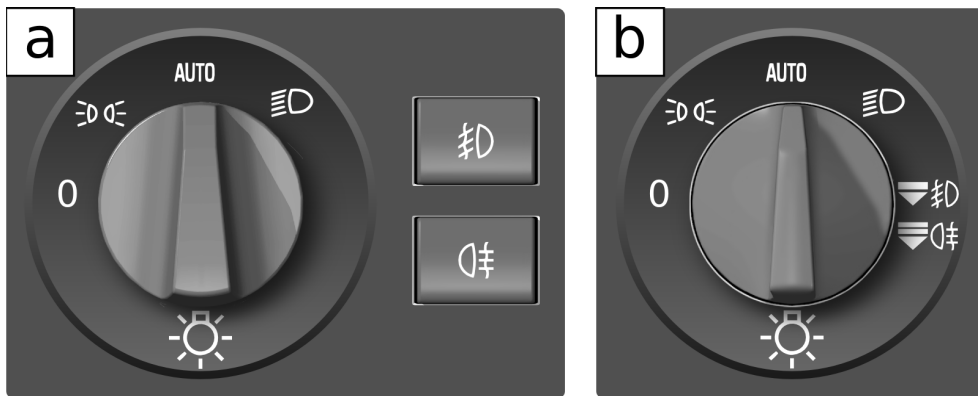


Abbildung 42: Optimales Bedienelement für die Fahrlicht-Funktionen

Die Entscheidung zwischen normalem Knebelschalter und Dreh-Drück-Zieh-Knebelschalter hängt also davon ab, ob die Nebellicht-Funktionen mit demselben Bedienelement bedient werden sollen, oder nicht. Die von Sacher herausgefundene Bedienhäufigkeit des Nebellichts ist mit 0,01-mal pro Stunde (Sacher 2009, S. 46) äußerst gering, passt damit aber zum Abblendlicht, sofern eine gut funktionierende Lichtautomatik vorhanden ist. Die Häufigkeit der Abblendlichtbedienung konnte Sacher genau aufgrund einer solchen Automatikfunktion überhaupt nicht erfassen (Sacher 2009, S. 41).

Die Frage nach der Integration der Nebelbeleuchtung muss hier also unbeantwortet bleiben. Da aber bei allen untersuchten realen Fahrzeugen die Funktion „Standlicht“ und „Abblendlicht“, sowie – falls vorhanden – „Automatisches Fahrlicht“ in einem Bedienelement zusammengefasst sind, ist zumindest diese Maßnahme im Sinne der Gewohnheit zu empfehlen. Die Integration weiterer Lichtfunktionen wie „Parklicht“ – so macht es Mercedes – und „Tagfahrlicht“ bleibt ebenfalls offen. Sie kann aufgrund der hier Angestellten Überlegungen nicht getroffen werden, sondern muss nach anderen Kriterien erfolgen. Abbildung 42 zeigt das optimale Bedienelement in den zwei Varianten – links ohne integrierte Nebellicht-Funktionen, welche neben dem Lichtschalter als Halbwippen (St_039) dargestellt sind (a), und rechts mit integrierten Nebellicht-Funktionen (b).

Lautstärke

Ein vergleichbares Phänomen wie beim Abblendlicht zeigt sich bei der Einstellung der Lautstärke, beispielsweise des Radios. In der Funktionsliste sind die Lautstärke und die Funktion „Audio ein/aus“ als jeweils einzelne Funktionen vorhanden, während in allen untersuchten Fahrzeugen diese beiden Funktionen in einem Bedienelement vereint sind. Diese Tatsache hat auch zur Folge, dass der zweidimensionale Dreh-Drück-Steller (St_004) in den untersuchten Fahrzeugen das häufigste Bedienelement für die Lautstärke ist, wie das Kuchendiagramm in Abbildung 43 links deutlich zeigt. Dass das häufigste Bedienelement auch hier nur eine relative Mehrheit von 46 % hat, liegt in diesem Fall daran, dass die Funktion der Lautstärke in den meisten modernen Fahrzeugen durch ein zweites Bedienelement anderen Typs auf dem Lenkrad redundant bedient wird.

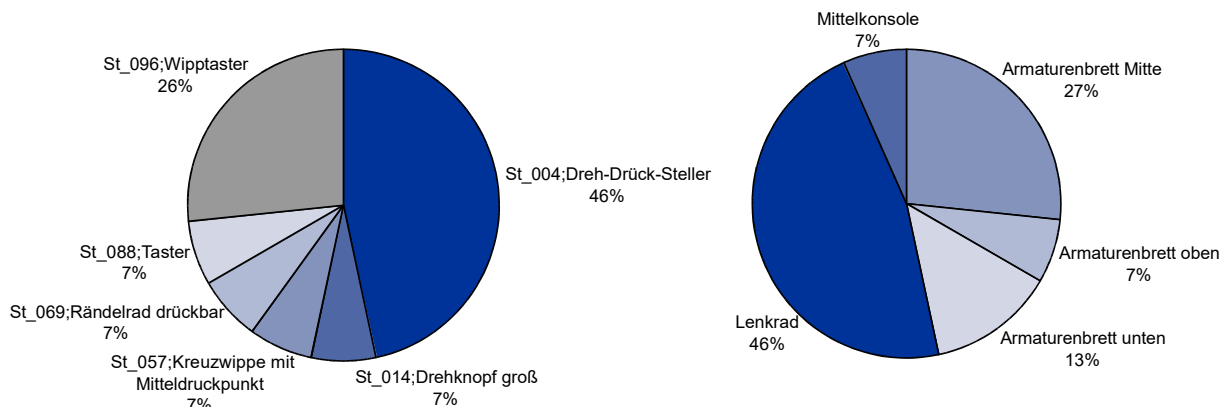


Abbildung 43: Verteilungen der Bedienelemente und der Bedienorte für die Nutzerfunktion „Lautstärke“

Betrachtet man das Kuchendiagramm rechts in Abbildung 43, erkennt man, dass relativ genau die Hälfte der Bedienorte auf das Lenkrad fällt, die andere Hälfte auf Teile der Mittelkonsole, je nachdem, in welcher Höhe auf dem Armaturenbrett beziehungsweise der Mittelkonsole das Radio im jeweiligen Fahrzeug eingebaut ist. Es ist offensichtlich, dass auf dem Lenkrad, wo eine Bedienung ohne Ablösung der Hand vom Lenkradkranz erwünscht ist, ein anderes Bedienelement eingesetzt werden muss, nämlich eines, das allein mit dem Daumen – das heißt durch Kontaktgriff – bedient werden kann. Diese Prämisse erfüllen unter anderen das drückbare Rändelrad (St_069), der Wipptaster (St_096), aber auch zwei einzelne Tasten (St_088) sowie die mehrere Funktionen vereinende Kreuzwippe mit Mitteldruckpunkt (St_057), welche im Kuchendiagramm links in Abbildung 43 zusammen knapp die Hälfte an Häufigkeit einnehmen.

Bei der Betrachtung des Ergebnisses der theoretischen Methode, wie in Tabelle 17 in der sechsten Spalte („Optimales Bedienelement“) gezeigt, sieht man, dass bei der Lautstärke alleine (zweite Funktionszeile, Fu_074) nur eindimensionale Bedienelemente vorgeschlagen werden, hauptsächlich Drehelemente, während die Funktion „Audio ein/aus“ (erste Funktionszeile, Fu_073) als typische Einschaltfunktion mit nur zwei Auswahlmöglichkeiten einen Druck- (St_027) oder Wippschalter (St_095) erhält. Dieses Erkenntnis erscheint besonders dem Experten zunächst trivial, schließlich führen eigene Überlegungen unter Einbezug der Kontinuumsgröße der Lautstärke, der damit verbundenen Nutzung eines rotatorischen Elements, der präzisionsbedingten Forderung nach Zufassungsgriff und Handabstützung und der Abwägung einer eventuell langsameren Bedienung durch genau diesen Zufassungsgriff, zu genau demselben Ergebnis.

Im Grunde bestätigt das jedoch nur die Richtigkeit der Methode, denn tatsächlich führt sie ja dieselben Überlegungen aus, nur automatisch. Und selbstverständlich ohne die dreizehn weiteren Eigenschaftskonstellationen zu vergessen, die nur in diesem Fall aufgrund der Eigenschaften der Funktion irrelevant sind. Genau diese systematische und vollständige Analyse und Schlussfolgerung sind Kern und Anspruch der hier vorgestellten Methode.

Sieht man sich die Kombination beider Funktionen (dritte Funktionszeile, Fu_305) an, weist die theoretische Methode ein zweidimensionales Bedienelement zu, als optimales den Dreh-Drück-Zieh-Steller (St_007), also einen Drehsteller, der sich auch in mehreren Raststellungen aus seiner Blende herausziehen und wieder hineindrücken lässt. Da man diesem Element die Schaltstellung von „Audio ein/aus“ ansieht, wird es dem in der Druckrichtung nicht rastenden Dreh-

Drück-Steller (St_004) vorgezogen. Allerdings folgt der Dreh-Drück-Steller bereits auf Platz 2 in der Punktwertung, wie in den Spalten acht und neun von Tabelle 17 zu sehen ist.

Tabelle 17: Häufigkeiten realer Bedienelemente und optimales Bedienelement als Lautstärkenregler

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Häufigstes Bedienelement	Prozentanteil	Vorkommen in erfassten Fahrzeugen	Optimales Bedienelement	Optimales Bedienelement (ID)	Optimales Bedienelement, Platz 2	Optimales Bedienelement, Platz 2 (ID)
Audio Ein/Aus	Fu_073	St_004; Dreh-Drück-Steller	87%	8	Druckschalter; Wippschalter	St_027; St_095	Drück-Zieh-Schalter; Kipphebel-schalter	St_029; St_049
Lautstärke laut/leise	Fu_074	St_004; Dreh-Drück-Steller	46%	15	Drehknebel; Drehknopf groß; Drehknopf klein; Drehknopf rohrförmig; Schieberegler; Schubstange mit Griff	St_012; St_014; St_016; St_018; St_074; St_080	Drehhebel; Dreh-Scheibe; Fingerschieber; Fingerschieber mit Steg; Rändelrad; Schubstange	St_009; St_023; St_033; St_034; St_067; St_079
Lautstärke laut/leise und ein/aus	Fu_305	St_004; Dreh-Drück-Steller	46%	15	Dreh-Drück-Zieh-Steller	St_007	Dreh-Drück-Steller	St_004

Für die Einzelfunktionen (Fu_073 und Fu_074) zeigt Tabelle 17 ebenfalls den zweiten Platz der Punktbewertung der theoretischen Methode. Hier taucht für die Lautstärke unter anderem das Rändelrad (St_067) auf, welches beispielsweise Audi in der drückbaren Version (St_069) auf dem Lenkrad benutzt, die zweite Dimension wiederum für zusätzliche Funktionen nutzend. Dass hier so viele Bedienelemente gleichwertig geeignet sind, liegt daran, dass für die tertiäre Funktion der Lautstärke die formschlüssige Bedienung als unwichtig erachtet wird und daher viele form- und reibschlüssige und ansonsten gleiche Bedienelemente gleiche Punktzahlen erhalten. Abbildung 44 zeigt einige der möglichen Bedienelemente.

Als Optimum für die Nutzung in einer Radioblende in der Mittelkonsole muss aber der Dreh-Drück-Zieh-Steller gelten, beziehungsweise unter der Prämisse der Fernsteuerbarkeit und redundanten Bedienung dessen nicht rastendes Pendant, der Dreh-Drück-Steller.

In der oberen Reihe von Abbildung 44 befinden sich die zweidimensionalen Bedienelemente, die sich für die Kombination mit anderen Funktionen wie beispielsweise dem Ein- und Ausschalten der Audiowiedergabe eignen, der Dreh-Drück-Steller (a), der Dreh-Drück-Zieh-Steller (b) und das drückbare Rändelrad (c). Die zweite Reihe zeigt die eindimensionalen rotatorischen Elemente, den Drehkopf klein (St_016, d), den Drehknopf groß (St_014, e), den Drehknebel (St_012, f) und das Rändelrad (g).

Die untere Reihe von Abbildung 44 zeigt schließlich die eindimensionalen Schiebeelemente, die die theoretische Methode für die Lautstärke als alleinige Funktion vorschlägt, den Schieberegler (St_074, h) – zusammen mit einigen Drehelementen (vergleiche Tabelle 17 Spalten sechs und acht) – auf Platz eins und gemeinsam mit weiteren Drehelementen auf Platz zwei den Fingerschieber (St_033, i) und den Fingerschieber mit Steg (St_034, j). Es sei angemerkt, dass die beiden zuletzt genannten Elemente in dieser Betrachtung zwar zweite Wahl sind, unter bestimmten Umständen jedoch Vorteile beim Platzbedarf und den Möglichkeiten der relativen Anordnung

besitzen, weswegen sie beispielsweise in der Tontechnik sehr gerne für die Funktion Lautstärke eingesetzt werden.

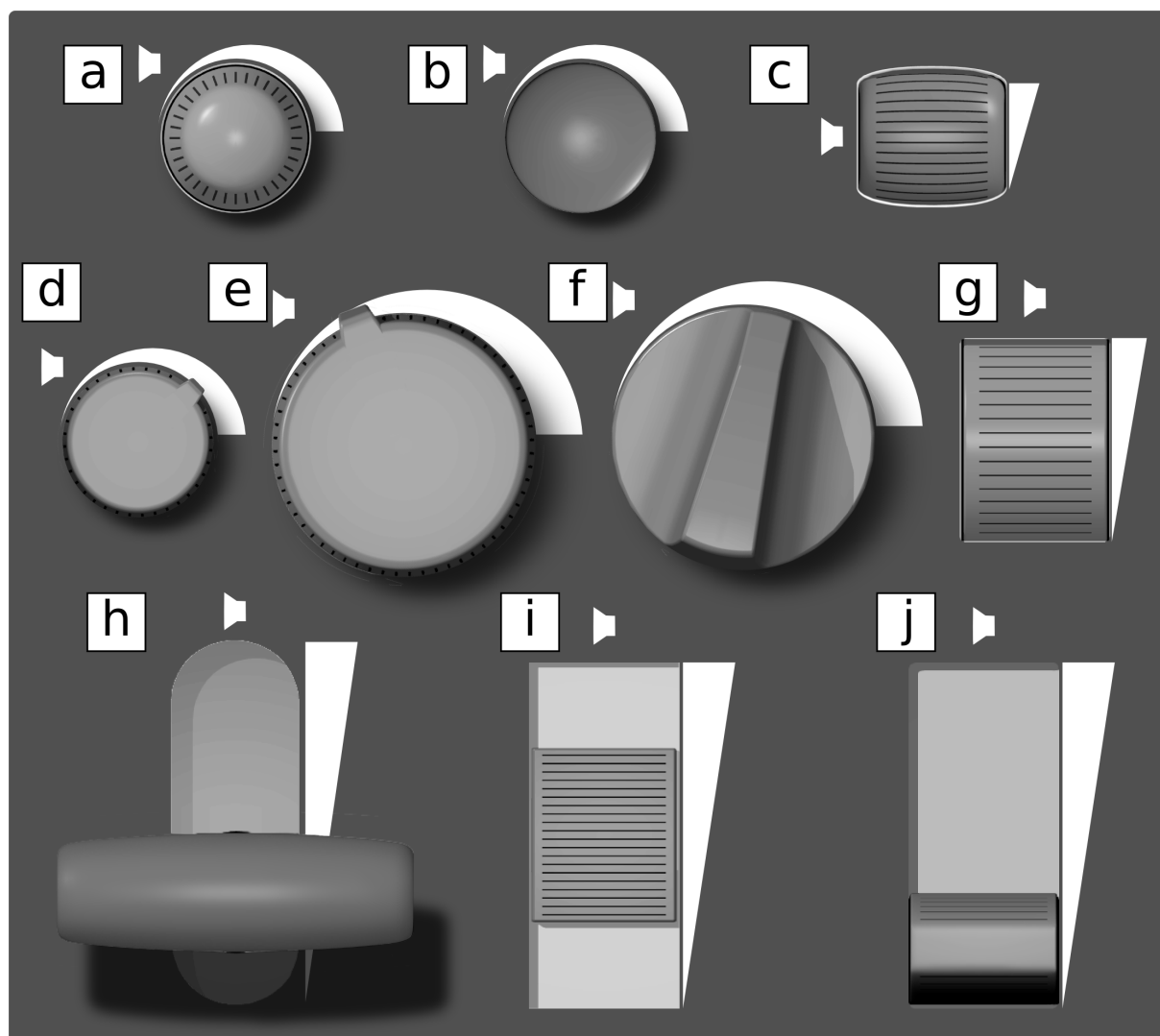


Abbildung 44: Optimales Bedienelement für die Lautstärke

Bildschirmbedienung

Die Bildschirmsysteme sind von besonderem Interesse, da diese noch relativ jungen Funktionen in den Fahrzeugen verschiedener Hersteller sehr unterschiedlich bedient werden. Als Pionier des Bildschirmsystems im neueren Sinne gilt die Marke BMW mit dem 2001 neu vorgestellten BMW 7er und dem dort eingebauten iDrive, einer Kombination aus einem hoch auf dem Armaturenbrett gelagerten Bildschirm und einem auf dem Mitteltunnel platzierten – und damit bei aufliegendem Unterarm bedienbaren – Dreh-Drück-Schiebe-Steller (St_003). Vor diesem Fahrzeug gab es in der Regel nur erweiterte Radios, die zumeist in einer Blende von der Größe zweier Radioschächte einen kleinen Bildschirm und einen Dreh-Drück-Steller (St_004) beherbergten und damit zum Beispiel die ersten Navigationssysteme zur Verfügung stellten. Einige Hersteller halten aber auch heute noch an dieser kompakten Bauweise fest.

Das Bildschirmsystem des BMW 7ers von 2001 vereint eine große Anzahl von Nutzerfunktionen in einem Menü, die in früheren Fahrzeuggenerationen jeweils eigene Bedienelemente besaßen, wodurch eine enorme Erhöhung der Funktionsanzahl bei gleichzeitiger Reduktion der Bedienelemente auf dem Armaturenbrett möglich ist. Die systemergonomischen Vor- und Nachteile dieser Maßnahme sollen hier nicht diskutiert werden, es ist aber durchaus erwähnenswert, dass viele andere Hersteller diesen Schritt ebenfalls vollzogen haben und in Fahrzeugen aller Klassen heute Bildschirmsysteme angeboten werden.

Dabei werden zum Teil ebenfalls ferngesteuerte Bildschirme im Sinne des iDrive oder in abgewandelter Form dargestellt, wie beispielsweise die linken drei Systeme in Abbildung 45 von Mercedes (a), Acura (b) und Audi (c). Zum Teil werden auch Bildschirme mit direkt daneben befindlichem Bedienelement für das Menü oder berührungsempfindliche Bildschirme (Touchscreens, St_090) eingebaut, wie das System in Abbildung 45 d von Alfa Romeo. Auch zu den Vor- und Nachteilen der Trennung von Bedienung und Anzeige soll hier keine Aussage gemacht werden, da sie eher anthropometrischer Natur sind, wohl aber zum optimalen Bedienelement für diese Nutzerfunktion.

Dabei darf man die Nutzerfunktion Bildschirmsystem nicht pauschalisieren – es kommt viel mehr auf die jeweilige Ausführung desselben an. In der Regel gibt es Listen von Menüpunkten, die entweder allein stehen, wie bei Audi (Abbildung 45 c), oder die mit anderen Bildelementen und Listen in Zusammenhang stehen und dabei optisch und funktional entsprechend gruppiert sind, wie bei Mercedes (Abbildung 45 a).

In Abbildung 45 erkennt man auch, dass Listen in Bildschirmsystemen horizontal (Mercedes, a) und vertikal (Audi, c) ausgerichtet sein können. Auf der zweidimensionalen Fläche des Bildschirms ist auch eine kreisförmige Anordnung der Menüpunkte möglich wie bei Acura (Abbildung 45 b). Eine Mischung aus horizontaler und vertikaler Liste ist ebenfalls denkbar, also ein Matrixmenü, wie es Abbildung 46 zeigt.



Abbildung 45: Bildschirmsysteme von Mercedes (a), Acura (b), Audi (c) und Alfa Romeo (d)

Die Anordnung der Menüpunkte im Kreis ist eine Anpassung der Bildschirmdarstellung an ein bereits gewähltes Bedienelement – dass hier ein Dreh-Drück-Steller (St_004) oder eine dessen Erweiterungen zugrunde liegt, ist offensichtlich. Der Vorteil der kreisförmigen Anordnung, insbesondere in Verbindung mit einem Abbild des korrespondierenden Bedienelements im Bildschirm, wie es in Abbildung 45 b zu sehen ist, liegt darin, dass die Inkompatibilität bei der Übersetzung einer Drehbewegung in das lineare Wandern des Cursors entlang einer Liste hier nicht gegeben ist. Im Falle des Acura in Abbildung 45 b sollte dem Nutzer sofort klar sein, dass er das

Bedienelement gegen den Uhrzeigersinn drehen muss, um den Cursor aus seiner aktuellen Position in der linken oberen Ecke nach unten zu bewegen.



Abbildung 46: Matrixmenü (aus Mueller 2006, S. 174)

Bei den Bildschirmsystemen von Mercedes (Abbildung 45 a) und Audi (Abbildung 45 c) ist das durchaus nicht so offensichtlich, da Bedienelement und Anzeige im Gegensatz zum System von Alfa Romeo (Abbildung 45 d) weit voneinander entfernt sind und eben kein Abbild des Bedienelements im Bildschirm zu sehen ist, das eine Richtungsreferenz zwischen Drehbewegung des Bedienelements und Linearbewegung des Cursors herstellt. Da sich bei Mercedes der Cursor waagrecht bewegt und das Bedienelement sich auf jeden Fall unter dem Bildschirm befindet, kann die vage Referenz, dass Drehung im Uhrzeigersinn den Cursor nach rechts bewegt, hergestellt werden. Dies entspräche ja auch der inneren Kompatibilität (siehe Tabelle 1 auf Seite 46). Beim Audi greifen weder eine solche Richtungsreferenz noch die innere Kompatibilität, daher wird der Benutzer hier ausprobieren müssen, was passiert.

Damit sei dieser kleine Exkurs zur Bildschirmbedienung beendet. An dieser Stelle sind deren Feinheiten nicht von Belang, sondern allein die Funktion der Bildschirmbedienung als Ganzes. Das Thema Bildschirmbedienung ist auch kein unbekanntes Land, daher seien zur Vertiefung beispielsweise die Arbeiten von Neuss (Neuss 2001, konkret zum Thema Listendarstellung und Drehrichtung S. 43 f), Niedermaier (Niedermaier 2003), Vilimek (Vilimek 2007) und Zeilinger (Zeilinger 2005) empfohlen.

Bei der Suche nach dem optimalen Bedienelement für diese Nutzerfunktion wird aufgrund deren häufigeren Vorkommens von in gerader Linie angeordneten – also nicht kreisförmigen – Listen ausgegangen. Des Weiteren wird angenommen, dass stets mehr als eine einzige Liste vorhanden ist und daher weitere Interaktionsmöglichkeiten neben der reinen Listenauswahl vorliegen.

Die Bedienung von rein eindimensionalen Listen wird im anschließenden Abschnitt betrachtet, hier aber wird die Nutzerfunktion Bildschirmsystem als zweidimensional angesehen, immer zuzüglich einer dritten Dimension bzw. eines dritten Freiheitsgrades zur Auswahl des gewählten Bildschirmobjekts. Dabei werden vier Varianten analysiert, die sich allein in der Anzahl der Auswahlmöglichkeiten der beiden Bildschirm-Dimension unterscheiden. In der ersten Version (erste Funktionszeile in Tabelle 18, Fu_001) wird für beide Dimensionen die Auswahlmöglichkeitenklasse „diskreten Wert einstellen [3 – 10]“ angenommen (vergleiche hierzu Tabelle 7 auf Seite 82). Es handelt sich also um ein Matrixmenü, wie in Abbildung 46.

In der zweiten Version (zweite Funktionszeile in Tabelle 18, Fu_296) wird für eine Dimension eine höhere Klasse gewählt, nämlich „sehr viele [10 – 100]“. In der dritten Version (dritte Funktionszeile in Tabelle 18, Fu_297) gilt diese Klasse für beide Dimensionen. In der vierten Version (vierte Funktionszeile in Tabelle 18, Fu_298) schließlich wird eine hochauflösende, zweidimensionale Interaktion – beispielsweise eine Landkarte – oder ein freier Mauszeiger vorausgesetzt und deswegen für beide Dimensionen die Auswahlmöglichkeitenklasse „analogen Wert einstellen [10 – ∞]“ gesetzt. Dies entspricht dem Point-And-Click Paradigma graphischer Benutzeroberflächen der elektronischen Datenverarbeitung.

Tabelle 18: Optimales Bedienelement für Bildschirmbedienung

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Optimales Bedienelement	Optimales Bedienelement (ID)	Optimales Bedienelement, Platz 2	Optimales Bedienelement, Platz 2 (ID)
Bedienung der Menüs	Fu_001	Trackball drückbar	St_093	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar	St_068
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen	Fu_296	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar; Trackball drückbar	St_068; St_093	Dreh-Drück-Kipp-Steller; Dreh-Drück-Schiebe-Steller	St_002; St_003
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen zweidimensional	Fu_297	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar; Trackball drückbar	St_068; St_093	Kreuzwippe mit Mittel-druckpunkt	St_057
Bedienung der Menüs, Auslegung mit Point-And-Click Paradigma	Fu_298	Trackball drückbar	St_093	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar	St_068

In Tabelle 18 sind die Häufigkeiten der in realen Fahrzeugen benutzten Bedienelemente nicht aufgeführt, weil sich hier – wie schon eingangs erwähnt – ohnehin eine enorme Spannbreite auf-tut und diese Analyse in diesem Fall auch durch die Überzahl von BMW-Modellen unter den untersuchten Fahrzeugen verzerrt würde. Bei der sehr jungen Funktion der Bildschirmbedienung ist zusätzlich zu erwarten, dass die Gewohnheit nicht durch die Bildschirmsysteme von Kraft-fahrzeugen geprägt ist, sondern vielmehr von stationärer und mobiler Büro- und Unterhaltungs-elektronik.

Bei der Übertragung von Bedienprinzipien aus Büro und Wohnzimmer ins Automobil ist aller-dings große Vorsicht geboten, da die Bedienung von tertiären Aufgaben während der Fahrt grundsätzlich unter anderen Voraussetzungen steht, als die Bedienung eines Unterhaltungsgeräts. Die grundsätzliche Ablenkungswirkung eines Bildschirmsystems hat Rassl nachgewiesen (Rassl 2004). Aus diesen Gründen soll hier allein die theoretische Methode zum Fund des optimalen Bedienelements angewandt werden. Ihre Ergebnisse zeigen die Spalten drei bis sechs in Tabelle 18, drei und vier den oder – bei Punktgleichstand – die Sieger nach Punkten, fünf und sechs den oder die jeweils zweiten Sieger.

Hier erstaunt zunächst, dass der drückbare Trackball (St_093) bei allen Auslegungen auf Platz eins landet, in den Versionen mit den langen Listen punktgleich mit dem drück- und seitwärts kippbaren Rändelrad (Daumenrad, St_068), welches ansonsten in der ersten und vierten Funkti-onszeile in Tabelle 18 auf Platz zwei steht. In der Auslegung mit eindimensionalen Listen (Fu_296) findet man auf dem zweiten Platz die bei BMW und Mercedes eingesetzten Dreh-Drück-Kipp-Steller (St_002) beziehungsweise Dreh-Drück-Schiebe-Steller (St_003).

Allerdings muss hinzugefügt werden, dass der Algorithmus in diesem Fall die Kipp- oder Schiebewegung auf die Bildschirmachsen abbildet und die Drehbewegung als inkompatibel ignoriert, was natürlich nicht der realen Auslegung entspricht. Die höherdimensionalen Elemente

werden hier also von der theoretischen Methode aufgrund der Kompatibilität wie Kreuzwippen eingesetzt. In der Auslegung mit großen, zweidimensionalen Menüs (Fu_297) taucht auf dem zweiten Platz dann auch tatsächlich die Kreuzwippe mit Mitteldruckpunkt (St_057) auf, wie sie häufig auf mobilen Geräten der Kommunikations- und Unterhaltungselektronik verwandt wird oder beispielsweise auch auf jedem DVD-Abspielgerät.

Den drückbaren Trackball hat im Übrigen auch Spies in einer unveröffentlichten Studienarbeit (Spies 2005) als das optimale Bedienelement für die Bildschirmbedienung herausgestellt (Spies 2005, S. 25). Spies hat sich dabei ausschließlich auf das Bildschirmsystem konzentriert und weitere, für dieses spezifische Kriterien angewandt (Spies 2005, S. 20 ff), wie zum Beispiel die Anforderung des Bedienelements an die Feinmotorik des Benutzers.

Die Anzahl der Auswahlmöglichkeiten auf den Bildschirmdimensionen ist offenbar nicht allein ausschlaggebend. Die entscheidenden Punkte gegenüber den meisten Bedienelementen gewinnt der Trackball im Entscheidungsbaum, also beim genauen Vergleich der Bedienelement-freiheitsgrade mit den Funktionsdimensionen (vergleiche Kapitel 5.5.3).

In der Punktematrix in Abbildung 47 sieht man aber, dass die Punktabstände zwischen den ersten drei Plätzen teilweise sehr gering sind. Zwischen den vorderen Rängen entscheiden also die geringer gewichteten Kriterien wie die Stabilitätsanforderung bei Lagesteuerung (vergleiche Tabelle 38 in Anhang D auf Seite 259).

In Abbildung 47 fällt weiterhin auf, mit welchen geringen Punktwerten jene Bedienelemente abschneiden, deren Prinzip auf berührungsempfindlichen Oberflächen gründet, das Touchpad (St_089), der Touchscreen (St_090) und das vor allem von bestimmten Musikabspielgeräten bekannte Touch-Wheel (St_091). Das liegt in erster Linie daran, dass diese Elemente bei allen Kriterien, die Greifart, haptische Rückmeldung oder auch Gestaltmerkmale bewerten, naturgemäß keine Punkte sammeln können.

Dass diese Bedienelemente zumindest in der ersten Auslegung der Funktion (Fu_001) auch im Entscheidungsbaum keine Punkte erhalten, begründet sich dagegen durch die theoretisch unendliche Auflösung: Der Finger kann auf der berührungsempfindlichen Oberfläche jede Position einnehmen. Da der Finger aber nicht auf dem Bildschirm oder Touchpad verbleibt, gelten diese Elemente als nicht rastend, die letzte Position muss stets neu gefunden werden, bei einer Unterbrechung der Aufgabe ist eine erneute Orientierung notwendig.

		Dreh-Drück-Kipp-Steller	Dreh-Drück-Schiebe-Steller	Dreh-Drück-Steller	Joystick drückbar	Kreuzwippe mit Mitteldruckpunkt	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar	Rändelrad drückbar	Touchpad	Touchscreen	Touch-Wheel	Trackball drückbar	Trackpoint
Funktion	Fu_ID	St_002	St_003	St_004	St_046	St_057	St_068	St_069	St_089	St_090	St_091	St_093	St_094
Bedienung der Menüs	Fu_001	70	70	80	62	67	87	65	0	0	0	98	11
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen	Fu_296	92	92	91	73	89	109	76	11	11	11	109	22
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen zweidimensional	Fu_297	103	103	91	84	111	120	76	22	22	11	120	33
Bedienung der Menüs, Auslegung mit Point-And-Click Paradigma	Fu_298	81	81	102	106	89	120	87	22	22	11	142	33

Abbildung 47: Punktematrix ausgewählter Bedienelemente gegenüber den vier Auslegungen der Bildschirmbedienung
(Dunkelblau = Platz eins, Hellblau = Platz zwei, Grau = Platz drei)

Diese Tatsache hat zur Folge, dass auch in den höher aufgelösten Auslegungen der Bildschirmbedienung – selbst beim Point-And-Click Paradigma – nicht die volle Punktzahl erreicht wird. Dabei wird der entscheidende Vorteil des Touchscreens, die direkte Manipulation von Bildschirmobjekten, keineswegs bestritten. Diese Direktmanipulation kann aber bei der Suche nach einem optimalen Bedienelement zunächst kein Kriterium sein, da die Nutzung eines Bedienelements praktisch immer eine Fernbedienung darstellt – ein Bedienelement ist mit ganz wenigen Ausnahmen niemals das bediente Objekt selbst – und diese Nutzung einer Fernbedienung immer voraussetzt, dass man das bediente Objekt nicht direkt manipulieren kann oder will. Bereits die Flügel einer Flügelmutter sind ein Bedienelement und damit eine Fernbedienung, denn auch wenn die Entfernung hier sehr klein ist, könnte in der Regel die entsprechende flügellose Mutter – das Objekt – nicht ohne Weiteres mit derselben Kraft gedreht – manipuliert – werden.

Auf die Spitze getrieben heißt das, dass man einen elektrischen Kontakt natürlich direkt herstellen kann, indem man blanke Metalldrähte aneinander führt, sobald aber ein Schalter im Spiel ist, manipuliert man den elektrischen Kontakt nur noch mittelbar. Erst die Technologie des Touchscreens ermöglicht es, virtuelle Objekte auf dem Bildschirm tatsächlich unmittelbar zu manipulieren, was durchaus seine Vorteile hat.

Vor Jahrzehnten hat man den Außenspiegel eines Fahrzeugs eingestellt, indem man das Fenster öffnete, den Spiegel direkt anfasste und entsprechend neigte. Diese Direktmanipulation wurde abgelöst von einer mechanischen Fernbedienung, meist einem pantostabilen, zweidimensionalen Hebel, der über Seilzüge seine eigene Stellung auf das Spiegelglas übertrug und damit zunächst die Barriere des Fensters umging. Hierauf folgte die Nutzung von Elektromotoren im Spiegelgehäuse und damit die völlig freie Platzierung der Fernbedienung, um auch den rechten Außenspiegel bequem einstellen zu können. Obwohl also die direkte Objektmanipulation unumstritten als äußerst intuitiv gelten kann, haben sich an verschiedenen Stellen Fernbedienungen etabliert und können aufgrund ihrer hohen Verbreitung auch als gewohnt angenommen werden.

Letztlich ist – wie oben beschrieben – also jedes Bedienelement eine Fernbedienung, bei den allermeisten Funktionen fällt das aber nicht auf, da sie abstrakt sind und weder ein physisches noch ein virtuelles Objekt bewegen, und weil nur wenige Benutzer beispielsweise beim Einschalten des Radios noch darüber nachdenken, dass hier ein elektrischer Kontakt geschlossen wird. Für solche Funktionen würden auf dem Touchscreen lediglich Schaltflächen simuliert, denen entsprechend der Natur einer Simulation gegenüber den realen Tasten (St_088) bestimmte Merkmale fehlen. Nur in wenigen Fällen gibt es tatsächlich Objekte auf dem Touchscreen, zum Beispiel Tankstellen auf einer Landkarte. Der Cursor eines Bildschirmsystems jedoch ist ein virtuelles Objekt, so dass die Betrachtung des Touchscreens in diesem Fall natürlich sinnvoll ist.

Die Abbildung 48 zeigt die hier diskutierten Bedienelemente für die Bildschirmbedienung in ihrer optimalen Ausführung gemäß den in Kapitel 5.4 betrachteten Gestaltungsrichtlinien. Ganz links sieht man den Gewinner aller Auslegungen, den drückbaren Trackball (St_093, a), daneben das drück- und kippbare Daumenrad (St_068, b). Es folgen der Dreh-Drück-Kipp-Steller (St_002, c) und der Dreh-Drück-Schiebe-Steller (St_003, d), welche wie eingangs erwähnt heute sehr häufig für die Bildschirmsysteme in Automobilen eingesetzt werden.

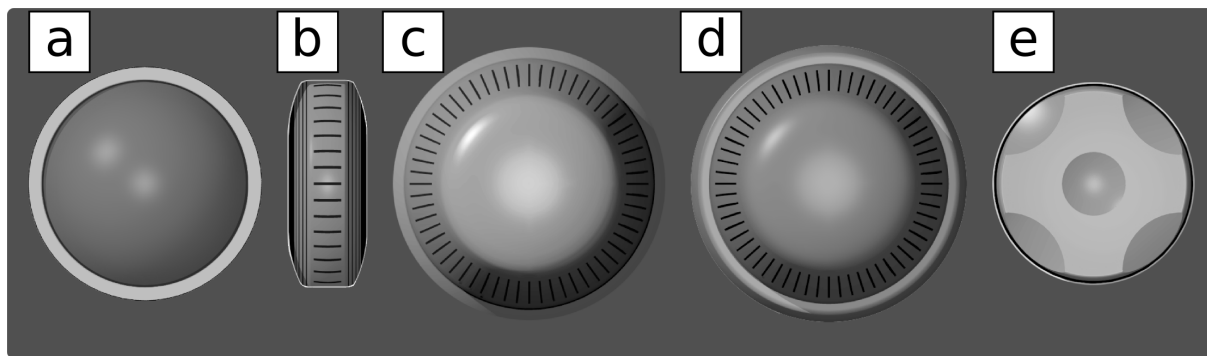


Abbildung 48: *Optimales Bedienelement für die Bedienung eines Bildschirmsystems*

Der Algorithmus zum Fund des optimalen Bedienelements behandelt diese beiden vierdimensionalen Bedienelemente (Drehen, Drücken, zweidimensionales Kippen beziehungsweise Schieben) allerdings als Kreuzwippen mit Mitteldruckpunkt und ignoriert den Freiheitsgrad der Drehung. Bei den meisten Anwendungen in realen Fahrzeugen ist freilich die Drehbewegung eine der Hauptbedienmethoden, da die Bildschirmsysteme in der Regel für den Gebrauch langer, eindimensionaler Listen ausgelegt sind. Die Bedienung solcher Listen wird im nachfolgenden Abschnitt genauer betrachtet.

Abschließend sei noch die Kreuzwippe mit Mitteldruckpunkt (St_057) in Abbildung 48 e erwähnt. Sie wird auch außerhalb des Automobilbereichs häufig zur Steuerung von Bildschirmsystemen benutzt, hält aber auch im Kraftfahrzeug zunehmend Einzug, unter anderem auf Lenkradspeichen zur Steuerung immer funktionsreicherer Bildschirme in der Instrumentenkombination, beispielsweise bei dem untersuchten Mercedes C, vergleiche Kapitel 3.5.

Lange Liste

Sehr häufig werden in den eben beschriebenen Bildschirmsystemen lange, eindimensionale Listen dargestellt und bedient, da viele Funktionen eine große Anzahl ähnlicher Datensätze zum Inhalt haben, wie ein Adressbuch oder die Titelliste eines Tonträgers. Selbst wenn die Funktionen in der Lage sind, den Datensätzen eine gewisse Struktur zu geben, beispielsweise durch die Gruppierung von Adressbucheinträgen nach gewissen Kriterien oder durch Unterordner auf einem MP3-Datenträger, so ist die Anzahl der auf gleicher Ebene aufgelisteten Datensätze in der Regel um Größenordnungen höher als die Anzahl der Gruppierungsebenen. Der Bedienung langer Listen als wichtiger Teilaufgabe bei der Bedienung eines Bildschirmsystems soll hier daher besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Die hier betrachtete Liste ist als eindimensionale Funktion eingestuft, auch als Kontrast zur zweidimensionalen Auslegung der „Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen“ (zweite Funktionszeile in Tabelle 18, Fu_296). Die Funktion der tatsächlichen Auswahl eines Listenelements – im Folgenden am Beispiel der Favoritenliste betrachtet – ist also eindimensional und hat die Auswahlmöglichkeitenklasse „sehr viele [10 – 100]“ (vergleiche hierzu Tabelle 7 auf Seite 82). Neben dieser Auswahl des Listenelements (zweite Funktionszeile in Tabelle 19, Fu_006) werden hier auch der Aufruf der Liste (erste Funktionszeile in Tabelle 19, Fu_005) und die Aktivierung des ausgewählten Listeneintrags (dritte Funktionszeile in Tabelle 19, Fu_007) betrachtet.

Tabelle 19: Optimales Bedienelement für Listenbedienung

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Optimales Bedienelement	Optimales Bedienelement (ID)	Optimales Bedienelement, Platz 2	Optimales Bedienelement, Platz 2 (ID)
Aufruf Favoritenliste	Fu_005	Fußtaster; Halbwippe; Taster	St_038; St_039; St_088	Zuggriff; Zugkette; Zugring	St_097; St_099; St_100
Favorit in Favoritenliste auswählen	Fu_006	Drehknebel	St_012	Drehknopf groß; Drehknopf klein; Drehknopf rohrförmig; Schieberegler; Schubstange mit Griff	St_014; St_016; St_018; St_074; St_080
Favorit aus Favoritenliste aktivieren	Fu_007	Fußtaster; Halbwippe; Taster	St_038; St_039; St_088	Zuggriff; Zugkette; Zugring	St_097; St_099; St_100
Favorit aus Favoritenliste auswählen und aktivieren	Fu_299	Dreh-Drück-Steller	St_004	Rändelrad drückbar	St_069

Diese drei Funktionen stehen einzeln in der Funktionsliste, was grundsätzlich richtig ist, da die Schritte Aufruf, Objektauswahl und Aktion zwar in der Regel zusammenhängen, aber insbesondere für den Fall, dass für ein ausgewähltes Objekt mehrere Handlungen zur Verfügung stehen, keine zwingende Sequenz existiert. Nicht zuletzt ist es notwendig, den Ablauf zu unterbrechen und gegebenenfalls noch vor der tatsächlichen Ausführung abubrechen. Dessen ungeachtet ist aber natürlich der häufigste Fall der, dass ein Listenelement ausgewählt und danach auch aktiviert wird. Daher enthält Tabelle 19 zusätzlich die Kombination dieser beiden Teilfunktionen (vierte Funktionszeile, Fu_299), welche die Auswahl als eine Dimension und die Aktivierung als zweite in sich vereint.

Diese kombinierte Auslegung ist in realen Fahrzeugen fast ausschließlich anzutreffen. Die Teilfunktionen liegen nirgends einzeln vor, da die Bedienschritte der Auswahl und des Aktivierens in der Tat – wie oben besprochen – praktisch nie unabhängig voneinander durchzuführen sind. Wie bei der Bildschirmbedienung im vorherigen Abschnitt und aus denselben Gründen wird hier darauf verzichtet, die tatsächlichen Häufigkeiten in den analysierten realen Fahrzeugen zu betrachten. Dafür zeigt Tabelle 19 das Ergebnis der theoretischen Methode zum Fund des optimalen Bedienelements für den ersten (dritte und vierte Spalte) und den zweiten Platz (fünfte und sechste Spalte).

Hier fällt auf, dass für den Aufruf der Liste (Fu_005) und die Aktivierung eines Listeneintrags (Fu_007) dasselbe Ergebnis erzielt wird. Tatsächlich haben beide Funktionen fast dieselbe Auslegung: Es geht jeweils darum, etwas schnell auszulösen. Dabei fällt außerdem ins Auge, dass der Algorithmus ohne weitere, gezielte Filterung auf Automotive-Tauglichkeit für diese Funktionen auch Bedienelemente aus dem Baukasten auswählt, die nicht unbedingt für den Einsatz im Automobil geeignet sind, nämlich auf Platz eins den Fußtaster (St_038) und auf Platz zwei den Zuggriff (St_097), die Zugkette (St_099) und den Zugring (St_100).

Was zunächst befremdlich wirkt, wird plausibel, wenn man sich vor Augen führt, dass der Algorithmus die Funktion für sich und ohne Zusammenhang mit dem Umfeld betrachtet. Das heißt, es wird – wie schon einleitend in Kapitel 5.5 erklärt – ein punktuelles Optimum für die einzelne Funktion ermittelt und nicht ein Kompromiss, der mehrere Funktionen berücksichtigen muss. Über die Zusammenfassung von Funktionen wird später noch im Kapitel 7.3 diskutiert. In der Tat lässt sich eine Funktion mit einem Zuggriff sehr direkt, sicher und schnell auslösen. Im Kraftfahrzeug ist das allein deswegen nicht praktikabel, weil sich viele Funktionen einen vergleichsweise engen Raum teilen müssen. Wo eine Auslöse-Funktion aber allein steht, hat sich der

Zuggriff durchaus etabliert, beispielsweise bei der Notbremse in Eisenbahnwaggons. Legte man die Funktion dynamisch aus, brächte also die Forderung nach schneller Bedienung mit ein, dann wäre der Zuggriff auf Platz eins vor Halbwappe und Taster.

Dennoch teilen sich der Taster (St_088) und die Halbwappe (St_039) in diesem Fall den ersten Platz mit dem Fußtaster, und diese beiden Bedienelemente sind, wie schon in Kapitel 5.2 (Abbildung 31) festgestellt, in der Tat die häufigsten Bedienelemente in aktuellen Kraftfahrzeugen und für dieses Umfeld auch hervorragend geeignet. Soll im Fahrzeug also eine Liste direkt mit einem eigenen Bedienelement aufgerufen werden, dann sind Taster und Halbwappe, welche sich ohnehin nur in einem kinematischen Detail unterscheiden, dafür das optimale Bedienelement.

Nimmt man die Auswahl eines Listenelements als eigene und damit eindimensionale Funktion an (Fu_006), dann nennt der Algorithmus hierfür – wie schon für die Lautstärke – den Drehknebel (St_012) als Optimum, die anderen, ebenfalls schon von der Betrachtung der Lautstärke bekannten Drehelemente (Drehknopf groß, Drehknopf klein, etc.) zusammen mit der wiederum nicht unbedingt fürs Kraftfahrzeug geeigneten Schubstange (St_080) auf Platz zwei. Erwartungsgemäß wird erst für die kombinierte Funktion (Fu_299) auch ein zweidimensionales Bedienelement ausgewählt, auf Platz eins der Dreh-Drück-Steller (St_004) und auf Platz zwei das drückbare Daumenrad (St_069).

Auch diese beiden sind von der Lautstärke bereits bekannt und beide werden auch in realen Fahrzeugen für die Listenbedienung eingesetzt. Wie schon im Kapitel 5.1.3 festgestellt, treten zwei Dreh-Drück-Steller – je einer für Lautstärke und für Listenbedienung – häufig paarweise an Autoradios fast aller Hersteller auf. Alle untersuchten Fahrzeuge ohne ein Bildschirmsystem verfügen über diese symmetrische Auslegung mit dem zweiten, grober gerasterten Dreh-Drück-Steller als Bedienelement zur Listenbedienung im Radio.

Das drückbare Daumenrad dagegen wird von vielen Herstellern – beispielsweise Audi, BMW und Porsche – in die Lenkradspeichen eingesetzt und zur Bedienung von Listen in der Instrumentenkombination benutzt. Auch Götz schlägt in seiner Arbeit (Goetz 2007) in einem Beispiel das drückbare Daumenrad als Hauptbedienelement in einem listenorientierten Bildschirmsystem vor (Goetz 2007, S. 109). Daumenrad und Dreh-Drück-Steller unterscheiden sich ohnehin aus systemergonomischer Sicht nur im Zufassungsgriff, der beim Dreh-Drück-Steller gegeben ist, beim Daumenrad nicht. Bei allen Einbauorten, an denen dieser Zufassungsgriff mit genutzt wird, um die bedienende Hand zu fixieren, ist also dem Dreh-Drück-Steller der Vorzug zu gewähren. Wo dagegen die Handabstützung bereits anderweitig gegeben ist – wie beispielsweise am Lenkrad – ist das Daumenrad von Vorteil.

In Abbildung 49 sind alle Kandidaten zu sehen: Die obere Zeile zeigt die Bedienelemente zur Funktionsauslösung, das heißt zum Aufruf einer Liste, links Taster (a) und Halbwappe (b), rechts den Zuggriff (c). In der zweiten Zeile befinden sich der Dreh-Drück-Steller (d) und das drückbare Daumenrad (e). Die Schubstange (f) wäre – wie gesagt – eine sehr theoretische Option für die alleinige Betrachtung der Auswahl eines Listenelements, aber für den Einsatz im Kraftfahrzeug eher ungeeignet. Prinzipiell geeignet wären der kleine (g) und der große Drehknopf (h), sowie der Drehknebel (i). Jedoch ist die gesonderte Betrachtung der Elementauswahl losgelöst von der Elementaktivierung in einer Liste nicht realistisch.

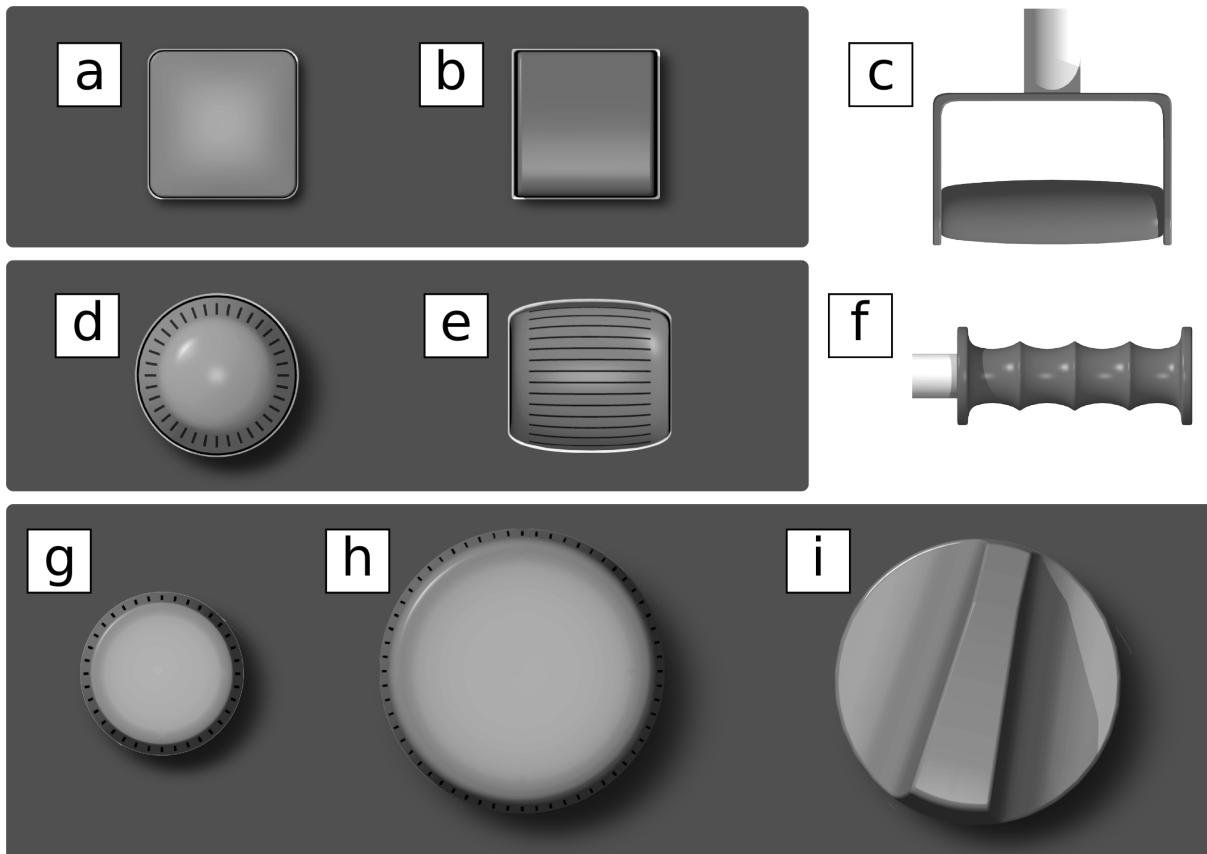


Abbildung 49: Optimales Bedienelement für Listenbedienung

6 Anzeigenelemente

Während sich die Betrachtung der Bedienelemente in dieser Arbeit definitionsgemäß auf den haptischen Sinneskanal beschränkt, wäre diese Einschränkung für die Diskussion der Anzeigen nicht zielführend, da sich in modernen Kraftfahrzeugen Anzeigen auf vielen unterschiedlichen Sinneskanälen finden. Aufgrund dieser ungleich höheren Vielfalt der Anzeigen ist ihre Analyse entsprechend schwieriger, wenngleich ebenso wichtig, wie die der Bedienelemente.

Die Anzeigenelemente stellen im Mensch-Maschine-System den Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle dar, der die Informationsübertragung von der Maschine zum Menschen ermöglicht – also das Pendant der Bedienelemente im Sinne der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. Vor dem Hintergrund der steigenden Anzahl von Assistenz- und Warnsystemen in heutigen Kraftfahrzeugen kommt den Anzeigen, oder vielmehr den durch sie vermittelten Informationen, eine fast noch größere Bedeutung im Anzeige- und Bedienkonzept eines Fahrzeugs zu als den Bedienelementen. Das weite Feld der Warnungen soll im Rahmen dieser Arbeit aber nur angeschnitten werden, weiterführende Arbeiten werden an entsprechender Stelle genannt.

Es folgt dieser Einleitung zunächst ein allgemeines Unterkapitel, das die Theorie der Anzeigen betrachtet. Hier werden Begriffe, systematische Eigenschaften und weitere Überlegungen geklärt. Daran schließen sich verschiedene weitere Überlegungen zu Ausprägungen und Gestalt von Anzeigen an, die der gerade erwähnten Vielfalt der Anzeigen geschuldet sind.

Danach werden die Ergebnisse der in Kapitel 3 beschriebenen Betrachtung realer Fahrzeuge bezüglich der Anzeigen besprochen, woraufhin der Anzeigen-Baukasten selbst aufgestellt wird. Anschließend wird versucht, die im vorherigen Kapitel entwickelte Methode zum Fund des optimalen Bedienelements auf die Anzeigenelemente anzuwenden. Zum Schluss werden die Ergebnisse dieser Anwendung diskutiert.

6.1 Anzeigen (Theorie)

Der Begriff der Anzeige muss auch hier zunächst definiert werden, um ein gemeinsames Verständnis aufzubauen. Im weitesten Sinne ist eine Anzeige „jede Einrichtung, aber auch jeder Vorgang, der dem Menschen Information über das, was vorgeht, übermittelt“ (Murrell 1971, zitiert nach Ruehmann 1993 a, S. 421). „In diesem weit gefaßten Sinne sind auch die für den Arbeitsvollzug relevanten Informationen aus der Umwelt, die direkt auf die Sinnesorgane übertragen werden, Displays.“ (Ruehmann 1993 a, S. 421) Nach Rühmann ist dieser Informationsfluss für den Menschen sehr leicht aufzunehmen, da er durch die Anatomie der Sinnesorgane und durch Erfahrung genau dafür ausgelegt ist (Ruehmann 1993 a, S. 421). Dementsprechend sind die Nutzung oder Nachahmung dieser natürlichen Anzeigen aus systemergonomischer Sicht „die wirksamsten“ (Ruehmann 1993 a, S. 421) Anzeigen.

Rühmann beschränkt den Begriff der Anzeigen im Gegensatz zu Murrell auf jene technischer Natur und definiert daher Folgendes:

Def.: „Eine Anzeige [...] ist [...] eine Information, die mittels einer technischen Einrichtung dargestellt (z.B. Spiegel) oder generiert (z.B. Bildschirm) und den menschlichen Sinnesorganen dargeboten wird.“ (Ruehmann 1993 a, S. 421)

Diese Definition der Anzeige gilt für die im Rahmen dieser Arbeit angestellten Überlegungen. Sie umfasst noch immer einen sehr großen Umfang technischer Merkmale, die den Charakter einer Anzeige erfüllen. Das Zitat nennt als Beispiel bereits den Spiegel, der in der Tat im Kraftfahrzeug ein sehr wichtiges Anzeigegerät darstellt, obwohl er kein elektronischer Bildschirm ist. Auch Symbolik und Beschriftung sind technische Einrichtungen, die Informationen vermitteln und daher zu den Anzeigen zählen.

Explizit genannt seien auch die in Kapitel 5.4 besprochenen Gestaltmerkmale der Bedienelemente, die als Teil der technischen Einrichtung Bedienelement die Information über deren Berührflächen und Freiheitsgrade darstellen. Für all diese Beispiele gelten die Überlegungen der nachfolgenden Abschnitte genauso wie für komplexe, elektronische Anzeigen.

6.1.1 Anwendungsart

Zunächst lassen sich drei Anwendungsarten von Anzeigen unterscheiden, die sich in ihrem Informationsgehalt unterscheiden, zum Teil aber aufeinander aufbauen, nämlich „Rückmeldung“, „Anzeige“ und „Alarmierung“ (DIN EN 60073, S. 14). Den geringsten Informationsgehalt hat die **Rückmeldung**, die bereits ausgiebig in Kapitel 2.1.2.2 behandelt wird. Wie dort schon festgestellt, ist sie „invariant“ mit der Bedienhandlung verknüpft (Ruehmann 1993 a, S. 422). Die Information, die sie darstellt, ist also allein die Bestätigung einer Bedienhandlung.

In Erweiterung dazu kann eine **Zustandsanzeige** („Anzeige“ nach DIN EN 60073, S. 14) Informationen darstellen, die unabhängig von Bedienhandlungen vorhanden sind. Dennoch kann die Zustandsanzeige auch die Information der Rückmeldung enthalten: Beispielsweise kann eine Kontrollleuchte den Schaltzustand eines Gerätes anzeigen, so dass die Information über den Schaltzustand permanent abgelesen werden kann. Die Veränderung dieser Anzeige – also das Erlöschen oder Aufleuchten der Kontrollleuchte – zeigt aber gleichzeitig die Veränderung des Schaltzustands an und ist damit eine Rückmeldung, wenn diese Schaltzustandsänderung durch eine Bedienhandlung des Operators bewirkt wird.

Enthält die angezeigte Information auch eine Handlungsaufforderung an den Operateur, dann spricht man von einer **Warnung** („Alarmierung“ nach DIN EN 60073, S. 14). Der Begriff der Warnung tritt bereits im Kapitel 4.3.2 auf und wird dort definiert. Er wird weiter unten noch genauer betrachtet, hier ist zur Abgrenzung zwischen Zustandsanzeige und Warnung der generelle Aufforderungscharakter ausreichend. Dabei enthält eine Warnung immer auch die Information einer Zustandsanzeige. Ob diese Anzeige Aufforderungscharakter hat oder nicht, hängt von der Bedeutung der Information selbst ab.

Ist es im bereits angeführten Beispiel der Kontrollleuchte die Aufgabe des Operators, auf das Erlöschen derselben mit einer bestimmten Handlung – beispielsweise dem Einschalten eines zweiten Gerätes – zu reagieren, dann ist die Kontrollleuchte auch eine Warnung. Eine Warnung kann auch die Information einer Rückmeldung enthalten, zum Beispiel in einem mehrstufigen Dialog zwischen Mensch und Maschine, in dem eine Anzeige gleichzeitig den vorangegangenen Bedienschritt bestätigt und zum nachfolgenden Schritt auffordert. Allerdings gibt es freilich Zustandsanzeigen und Warnungen, deren Eintritt oder Änderung von der Maschine oder anderen äußeren Faktoren ausgehen und die damit keine Rückmeldungsinformation enthalten, wie beispielsweise die Anzeige der Außentemperatur, die einen Status anzeigt und je nach Darstellung eine Warnung vor Glatteis enthalten kann, aber eben völlig unabhängig ist von einer Bedienhandlung.

6.1.2 Darstellungsform

Ein weiteres Merkmal der Anzeigenelemente ist die Darstellungsform. Rühmann unterscheidet vier Formen, die sich in ihrem Abstraktionsgrad und damit dem mentalen Aufwand zur Aufnahme und Dekodierung der dargestellten Information voneinander abgrenzen, nämlich absolut situationsanalog, bildhaft, analog und digital (Ruehmann 1993 a, S. 425 ff).

Die **absolut situationsanaloge** Anzeige liefert „ein reales Abbild der Umwelt“ (Ruehmann 1993 a, S. 426). Der bereits genannte Spiegel ist eine solche Anzeige, aber auch ein Kamerabild oder die direkte Wiedergabe von mit Mikrofonen aufgenommenen Geräuschen. Die Realität wird hier also in ihren wirklichen Verhältnissen dargestellt – sie wird nicht abstrahiert und die Informationsmenge wird dadurch auch nicht wesentlich reduziert. Ein Videobild in schwarzweiß würde die Information der Farbe entfernen, die Aufnahme mit einem Monomikrophon entfernt die Schallrichtung, dennoch wird aber im Wesentlichen die Realität wiedergegeben.

Das Bild einer Nachtsichtkamera, wie es in Abbildung 50 a zu sehen ist, ist ebenfalls situationsanalog. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass gerade der Spiegel, der für jedes Auge eine unterschiedliche Reflexion darstellt, gegenüber dem Kamerabild, das in der Regel von einem einzelnen Objektiv aufgenommen wird, den Vorteil der Tiefeninformation besitzt.

Die situationsanaloge Anzeige ist die Voraussetzung für eine **kontaktanaloge** Anzeige, also eine Anzeige, bei der zusätzliche Informationen so in eine situationsanaloge Anzeige eingebettet werden, dass sich ein einheitliches Bild ergibt (Ruehmann 1993 a, S. 430 f).²⁸ Wäre zum Beispiel in dem gerade genannten Bild der Nachtsichtkamera der Fußgänger durch einen gelben Rahmen markiert, wäre das kontaktanalog – der virtuelle Rahmen hätte Kontakt mit dem realen, abgebildeten Fußgänger. Ähnlich verhält es sich mit dem Bild der Rückfahrkamera in Abbildung

²⁸ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 7. August 2009

50 b, in dem die vorhergesagte Fahrspur beim Rückwärtsfahren eingeblendet ist. Die Fahrspur ist virtuell in Kontakt mit der Straße, es handelt sich also um eine kontaktanaloge Anzeige.

Im Gegensatz dazu zeigt Abbildung 50 c eine in die Windschutzscheibe eines Kraftfahrzeugs eingeblendete Anzeige, die aber nicht kontaktanalog ist. Diese Anzeige ist auch nicht situationsanalog, sondern es handelt sich – viel abstrakter – um einen analogen Drehzahlmesser und eine digitale Geschwindigkeitsanzeige. Die halb transparente Einblendung einer Information in eine Scheibe ist keine Voraussetzung für eine kontaktanaloge Anzeige. Es kann auch an diesem Anzeigertyp eine Anzeige beliebiger Darstellungsform benutzt werden, wie das Beispiel zeigt.

An dieser Stelle sei auch der Begriff der Augmented Reality genannt, also der **Erweiterten Realität**, unter der man die Anreicherung der Realitätswahrnehmung durch kontaktanaloge Anzeigen versteht. Dem Namen nach kann hier streng genommen nur die kontaktanaloge Einblendung in die Realität selbst gemeint sein, nicht aber die kontaktanaloge Einblendung in eine andere Anzeige. Das Bild der Rückfahrkamera (Abbildung 50 b) ist demnach keine erweiterte Realität, die Einblendung des Bremsweges in die Windschutzscheibe (Abbildung 50 d) schon. Beide Anzeigen sind jedoch kontaktanalog.

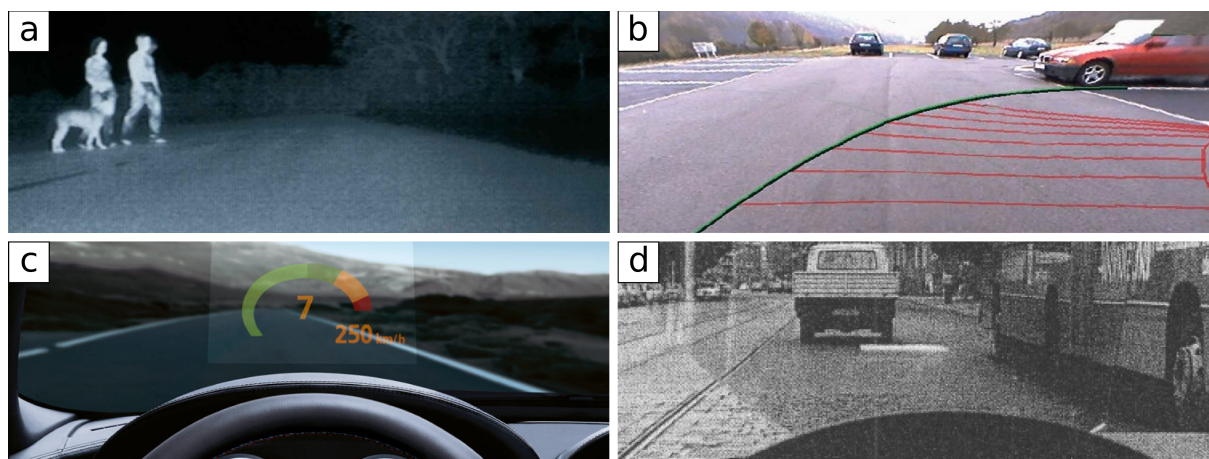


Abbildung 50: Unterschiede zwischen situationsanalogen und kontaktanalogen Anzeigen (a, b und c sind Abbildungen der BMW AG, d aus Bubb, 1981, zitiert nach Ruchmann 1993 a, S. 431)

Die erweiterte Realität kann gewissermaßen als fünfte Darstellungsform – also als Erweiterung der vier von Ruchmann genannten Darstellungsformen gesehen werden.²⁹ Da sie die Realität selbst als Hintergrund für situationsanaloge, kontaktanaloge Anzeigen benutzt, sind der Abstraktionsgrad und damit der mentale Aufwand zur Interpretation der Information grundsätzlich noch geringer, als bei rein situationsanalogen Anzeigen. Beim Einsatz der erweiterten Realität ist aber darauf zu achten, dass einerseits keine relevanten Informationen der Realität durch die Einblendung verdeckt werden, und dass andererseits die Gesamtmenge der eingeblendeten Informationen nicht zu groß wird.

Die nächst abstraktere Darstellungsform unterhalb der situationsanalogen Anzeige ist die **bildhafte Anzeige**. Diese Darstellungsform gibt die Information immer noch in den realen Zusammenhängen beziehungsweise der realen Perspektive wieder, reduziert die Informationsmenge aber durch Abstraktion (Ruchmann 1993 a, S. 426). Beispiele hierfür sind Schaltpläne oder

²⁹ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 7. August 2009

andere schematische Darstellungen. In Abbildung 51 ist als weiteres Beispiel eine abstrahierte Zeichnung eines Fahrzeuges aus der Vogelperspektive zu sehen. Im Umfeld des gezeichneten Fahrzeuges wird stilisiert die Umgebung des Fahrzeuges in proportional richtigen Abständen eingezeichnet. Eine solche Abstandsanzeige wird heute häufig in Kraftfahrzeugen zur Erleichterung des Einparkens angeboten.

Wäre diese Anzeige situationsanalog, würde also ein echtes Kamerabild angezeigt, welches das Fahrzeug und seine Umgebung von oben zeigt, wäre zwar dieselbe Information wie in Abbildung vorhanden, darüber hinaus aber noch viel mehr Information wie Farbe und Art der umgebenden Objekte und der Straße. Diese wären für das Einparken jedoch gar nicht nötig – relevant sind die Ausmaße aller umgebenden Objekte und ihr Abstand zum eigenen Fahrzeug. Die abstraktere Darstellungsform filtert also die relevanten Informationen heraus und erleichtert damit die Aufnahme genau dieser relevanten Information.

Die Wahl der Darstellungsform nimmt dem Benutzer also die Aufgabe der Informationsfilterung ab, die er bei komplexeren Darstellungsformen wie situationsanalog und kontaktanalog Anzeigen selbst durchführen müsste (Ruehmann 1993 a, S. 426 ff). Dafür kann der mentale Aufwand zur Interpretation durch ungeschickte Abstraktion erhöht werden, in Abbildung 51 steht das Fahrzeug beispielsweise um 90 ° gedreht.

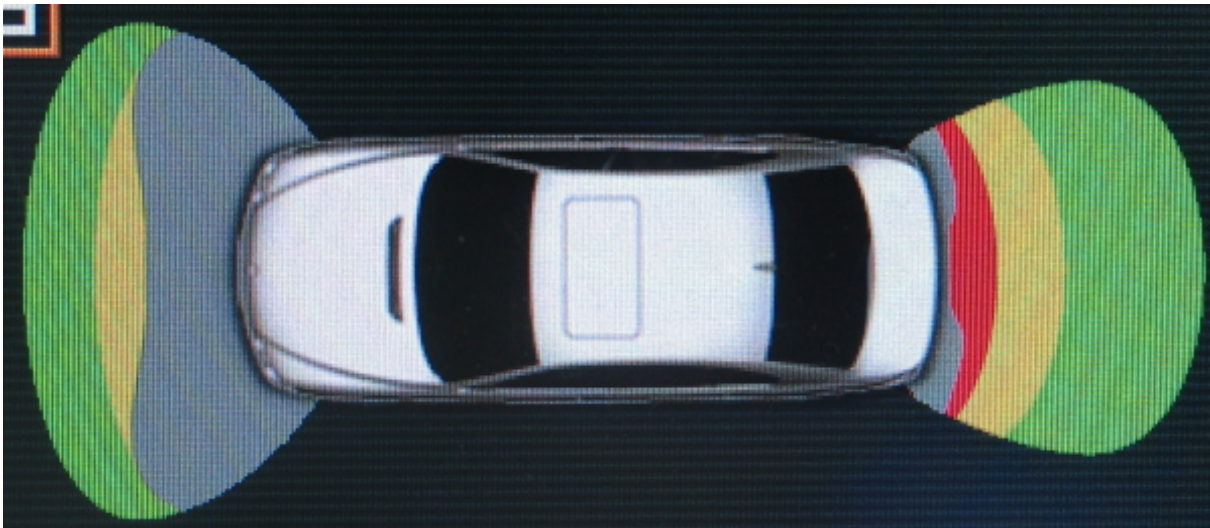


Abbildung 51: *Schematische Darstellung des Fahrzeuges und der Abstände zu umgebenden Objekten, bildhafte Parkabstandsanzeige*

Eine bildhafte Darstellung ist natürlich nur bei Informationen möglich, die nicht selbst schon so abstrakt sind, dass sie in einem Bild nicht mehr dargestellt werden können. Eine Drehzahl bildhaft darzustellen, wäre zwar theoretisch in Form einer sich drehenden Motorwelle möglich, praktisch aber ist eine analoge oder digitale Darstellung sehr viel leichter zu erfassen. Sollen dagegen mehrere unterschiedliche Drehzahlen in einem Getriebe angezeigt werden, kann die bildhafte Anordnung der einzelnen, digitalen oder analogen Drehzahlanzeigen entsprechend dem tatsächlichen Aufbau des Getriebes das Verständnis gegenüber der digitalen Bezeichnungen „Welle 1“, „Welle 2“ und so weiter erhöhen.

Die zum Bild abstrahierte Information muss also konkreter als die abgebildete Realität sein, meist betrifft sie eine räumliche Anordnung. Weitere Beispiele für bildhafte Anzeigen sind der künstliche Horizont in Flugzeugen oder – auf dem akustischen Sinneskanal – die Repräsentation

von Objekten durch charakteristische Töne, wie eine Fahrradklingel oder Motorengeräusch zur Anzeige eines Fahrrads oder Kraftfahrzeugs. Diese charakteristischen Geräusche heißen auch „Auditory Icons“. Es wird erwartet, dass sie durch ihre Bildhaftigkeit nicht erlernt werden müssen, sondern aufgrund der Darstellung alltäglicher, bekannter Geräusche sofort verstanden werden können (Gaver 1997, McGookin & Brewster 2004, jeweils zitiert nach Birger 2007, S. 36). Auch haptische bildhafte Anzeigen sind möglich, beispielsweise ein Force-Feedback-Bedienelement, das die realen Widerstandskräfte lediglich skaliert anzeigt, oder die Schaltkulissee eines Kulissenhebels.³⁰

Die gerade erwähnte **analoge Anzeige** ist wiederum abstrakter als die bildhafte, und stellt in der Regel nur noch eine einzige anzuzeigende Größe dar, indem sie diese Größe durch eine andere, leicht wahrnehmbare Größe kodiert (Ruehmann 1993 a, S. 428). Der absolute Wert einer vom Menschen schwer oder nur unpräzise direkt wahrnehmbaren, physikalischen Größe – wie beispielsweise der Temperatur – wird also durch die analoge Anzeige auf den entsprechenden Wert einer vom Menschen sehr leicht wahrnehmbaren, physikalischen Größe – bei optischen Anzeigen Winkel oder Länge (vergleiche Abschnitt „Überhöhung des Kontrastes“ in Kapitel 2.3.2), bei akustischen Anzeigen Tonhöhe, Lautstärke oder Wiederholfrequenz eines Tons – übersetzt.

Bei dieser Übersetzung wird neben dem tatsächlichen Wert auch das Kontinuum dieses Wertes mit übertragen und in der Regel durch eine Skala dargestellt (Bernotat 1993, S. 563). In den meisten Fällen ist diese Übertragung linear, unter seltenen Umständen kann es auch sinnvoll sein, ein lineares Kontinuum auf eine beispielsweise logarithmische oder anders nicht lineare Skala abzubilden.

In allen Fällen ist eine Veränderung des realen Wertes sowie die Richtung dieser Veränderung auf einer analogen Anzeige sehr schnell zu erfassen, zum Ablesen des präzisen Wertes allerdings wird ein erhöhter Dekodieraufwand vom Benutzer gefordert (Ruehmann 1993 a, S. 428), da er zunächst die Position des Zeigers auf der Skala erfassen muss, danach erst den entsprechenden Skalenwert ablesen kann und eventuell sogar noch im Kopf zwischen zwei Skalenstrichen interpolieren muss. In Abbildung 52 sind beispielhaft die als Zeigerinstrumente ausgeführten Analoganzeigen zu sehen, die man aus Kraftfahrzeugen kennt, vor allem der Tachometer in der Mitte.

Analoge Anzeigen funktionieren also naturgemäß gut für dynamische Werte, bei deren Ablese Präzision eine untergeordnete Rolle spielt. Zur präzisen Ablese eines Wertes sind dagegen **digitale Anzeigen** besser geeignet. Hier wird stets nur der aktuelle Wert – in der Regel am immer selben Ort – kodiert durch Farben, Buchstaben oder Ziffern dargestellt (Bernotat 1993, S. 563). Sie sind die abstrakteste Darstellungsform, haben also „die geringste Ähnlichkeit mit natürlichen Situationen“ (Ruehmann 1993 a, S. 429). Dieser hohe Umkodieraufwand spielt aber dann keine Rolle, wenn die Aufgabe selbst bereits digital vorliegt (Ruehmann 1993 a, S. 429).

Zum Beispiel haben die meisten Autofahrer für die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs ein relativ gutes Gefühl, wenn sie die Bewegung der Umwelt durch die Frontscheibe beobachten. Gleichzeitig aber sind ihnen die relevanten Zahlenwerte in Fleisch und Blut übergegangen, da zur Einhaltung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit stets die digital vorliegende Aufgabe in Form des Straßenschildes mit der Zahl auf dem Tachometer – und nicht etwa mit dem Winkel des Zeigers – verglichen werden muss. Der Tachometer in Abbildung 52 lässt diesen Umkodieraufwand erahnen.

³⁰ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 4. Juni 2008



Abbildung 52: Analoge und digitale Anzeigen in der Instrumentenkombination eines Kraftfahrzeugs

Neben den analogen Anzeigen sieht man in Abbildung 52 auch Beispiele für digitale Anzeigen, nämlich den Kilometerzähler im unteren Bereich des Tachometers, sowie die Außentemperatur darunter und die Ankunftszeit rechts unten. Gerade bei der Uhrzeit konkurrieren die analoge und die digitale Darstellung sehr stark miteinander, da beide seit Langem etabliert sind und vor allem auch die Ziele beim Ablesen der Uhr unterschiedlich sind: Je nach Situation kann eine möglichst präzise Ablesung erwünscht sein, welche eine Digitaluhr bevorzugen würde, oder eine schnelle aber grobe Erfassung der verstrichenen Zeit, welche mit dem Winkelbild einer Analoguhr leichter wäre.

Wie schon weiter oben angedeutet, liegt derselbe Zielkonflikt für die Ablesung der Geschwindigkeit im Kraftfahrzeug vor. Da beide Situationen auftreten können und angesichts der Wichtigkeit der Information wäre die parallele Anzeige in beiden Darstellungsformen durchaus zu rechtfertigen, wie sie einige Hersteller auch schon anbieten. Diese so genannte **Hybrid-Anzeige** vereint die Vorteile beider Darstellungsformen (Bernotat 1993, S. 563), erhöht aber die Menge der angezeigten und damit zu erfassenden Information, auch wenn faktisch zweimal dieselbe Information dargestellt wird.

6.1.3 Skalen und Bereichsanzeigen

Den analogen Anzeigen soll in diesem Abschnitt noch genauere Betrachtung zuteil werden, da insbesondere zu den Skalen dieser Anzeigen sehr viele Erkenntnisse existieren. Über die Beschriftung, Strichstärken, Skaleneinteilung und Zeigeformen optischer Analoganzeigen gibt die DIN-Norm DIN 43802 (DIN 43802 t2, DIN 43802 t3 und DIN 43802 t4) Aufschluss – sie müssen hier nicht betrachtet werden. Viel interessanter für die Anzeigen im Rahmen des Bedienelementebaukastens sind die Analyse des Zusammenhangs zwischen Skalen und Bereichsanzeigen sowie die Übertragung der Erkenntnisse von optischen Skalen auf andere Sinneskanäle.

Zunächst sei unterschieden zwischen den zeigerfesten und den skalenfesten Anzeigen. Bei ersterer bewegt sich eine Skala unter einem fest stehenden Zeiger, bei der zweiten streicht der Zeiger über die fest stehende Skala (Bernotat 1993, S. 565). Je nach der Größe des sichtbaren Skalenteils schlägt die zeigerfeste Anzeige dabei die Brücke zur digitalen Anzeige: Im Extremfall ist im

Anzeigenfenster nur noch ein Skalenwert erkennbar, was einer digitalen Anzeige entspricht. Bernotat fordert, „dass mindestens 3 Ziffern jeweils im Fenster“ (Bernotat 1993, S. 566) sichtbar sind, um eine „eindeutige Richtungsinterpretation zu ermöglichen“ (Bernotat 1993, S. 566).

Der sogenannte Lupentacho (Abbildung 53 b) ist ein Beispiel für eine Anzeige, die technisch zwar als zeigerfeste Analoganzeige ausgelegt, effektiv aber nur digital abzulesen ist. Dasselbe gilt für den Kilometerzähler in Abbildung 53 c, bei dem die Walzen für jede Stelle zwar eine Skala darstellen, die unter dem Sichtfenster durchläuft, effektiv aber nur eine Ziffer in die Höhe des Sichtfensters passt. Insbesondere weil die Walzen nicht verbunden sind und die einzelnen Stellen unabhängig voneinander umschalten können, ist er als rein digitale Anzeige einzustufen.

Der Vorteil der zeigerfesten Anzeige ist, dass nur ein Teil der Skala immer sichtbar ist und diese dadurch im Hintergrund viel größer und höher aufgelöst sein kann, als die zur Verfügung stehende Anzeigenfläche dies bei einer skalenfesten Anzeige erlaubte (Bernotat 1993, S. 565). Damit verbunden ist der Nachteil der sekundären Inkompatibilität der Skalenbewegung (vergleiche Abschnitt „Sekundäre Kompatibilität“ in Kapitel 2.1.2.3), insbesondere bei schnellen Wertänderungen.

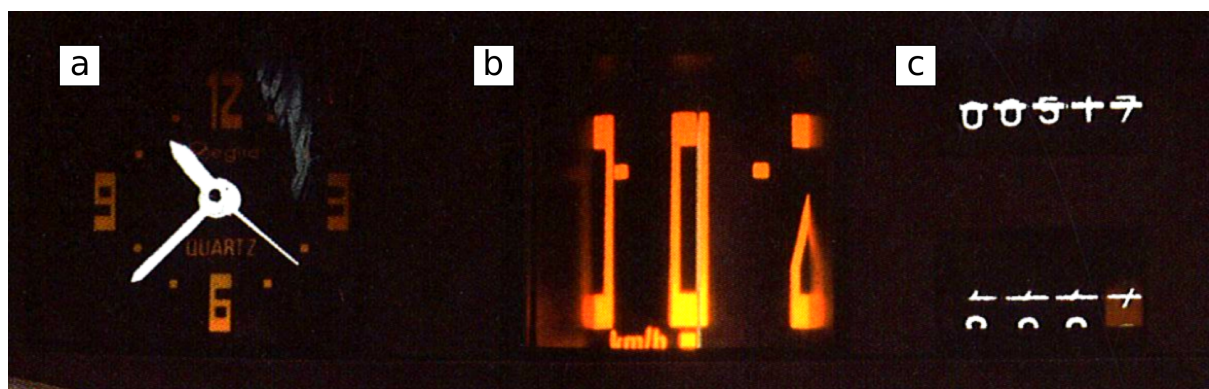


Abbildung 53: Skalen- und zeigerfeste analoge Anzeigen in der Instrumentenkombination eines Citroën CX (aus Citroën Werbeprospekt 1984, Citroën 1984)

Das wohl bekannteste Beispiel für eine skalenfeste Analoganzeige, die Analoguhr (Abbildung 53 a), macht die Vor- und Nachteile dieses Typs auf Anhieb deutlich: Das Winkelbild der Zeiger lässt sich schnell erfassen, bei einer so hoch gewohnten Skala kann zum Teil sogar auf das tatsächliche Ablesen der Ziffern verzichtet werden. Dafür muss die Skalenbeschriftung deutlich kleiner ausfallen und die Skala ist nur auf ganze Stunden beziehungsweise fünf Minuten aufgelöst, weil die gesamte Skala ihren Platz beansprucht und dadurch Präzision einbüßt (Bernotat 1993, S. 566).

Die herausgehobene Bedeutung der Stellungen 3, 6, 9 und 12 Uhr wird ebenfalls deutlich: Dort steht der Zeiger jeweils exakt waag- oder lotrecht. Diese Stellungen beziehungsweise Abweichungen davon sind besonders leicht zu erkennen (Bernotat 1993, S. 566). Ein weiterer Vorteil der skalenfesten Anzeige ist, dass der angezeigte Wert mit dem gesamten Kontinuum der abzulesenden Größe verglichen und in Relation gesetzt werden.

Eine Skala bietet stets die Möglichkeit, neben der eigentlich abzulesenden Größe noch weitere Größen oder ganze Bereiche anzuzeigen. Diese weiteren Größen oder Bereiche können dabei fest auf der Skala sein (Abbildung 54 a, b und c), oder in Form von weiteren Zeigern oder beweglichen Bereichen (Abbildung 54 d). Der erste Fall kann auch bei zeigerfesten Anzeigen auftreten, der zweite ist nur als skalenfeste Anzeige sinnvoll, da bei einer zeigerfesten Anzeige nur

der eine Zeiger fest sein könnte und alle weiteren zusammen mit der Skala beweglich sein müssten, vorausgesetzt das Sichtfenster genügt überhaupt für alle Größen.

Ein auf einer Skala fest verankerter zweiter Zeiger kann beispielsweise ein markierter Skalenstrich sein (Abbildung 54 a), der einen speziellen zu erreichenden Wert markiert. Ein beweglicher zweiter Zeiger könnte beispielsweise einen von anderen Bedingungen abhängigen Sollwert vorgeben, der durch entsprechende Eingaben mit dem eigentlichen Zeiger zu erreichen ist – der Istwert ist dem Sollwert nachzuführen (Ruehmann 1993 a, S. 423). Die Markierung eines Bereichs auf der Skala kann ebenfalls einen Bereich von Sollwerten vorgeben oder aber eine sonstige Kontextinformation zu den Skalenwerten geben (Ruehmann 1993 a, S. 423 f).

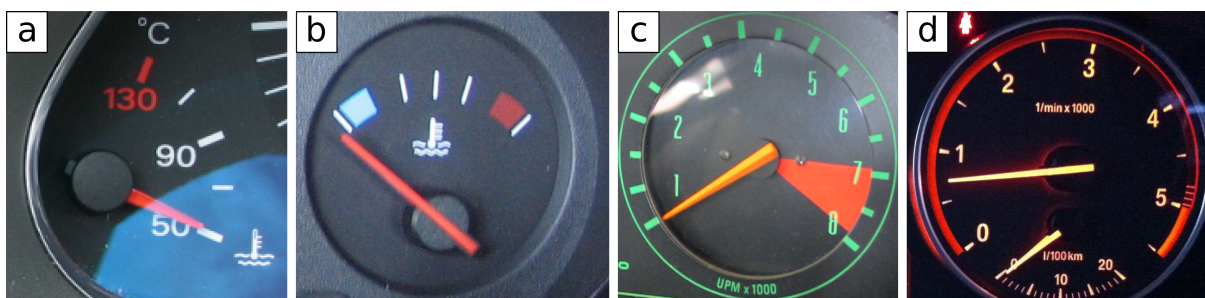


Abbildung 54: Verschiedene Skalen mit Skalenmarkierungen und Bereichsanzeigen
a und b: Kühlwasserthermometer des Audi A6 von 2004 und des BMW 3er von 1990, c und d: Drehzahlmesser des BMW Bracq Turbo von 1972 und des BMW 5er von 2003 (beim Drehzahlmesser des 5er kann sich der rote Bereich in seiner Schiene bewegen)

Bereichsanzeigen und weiteren Zeigern ist gemeinsam, dass sie zunächst die Kodierung der Hauptanzeige benutzen müssen – in Abbildung 54 ist das in allen Anzeigen der Winkel – um auf derselben Skala einen Wert anzuzeigen, der zur eigentlich abzulesenden Größe in Relation gebracht werden kann. Hierin steckt implizit auch die Tatsache, dass eine Bereichsanzeige eine Skala voraussetzt, auf die sich die Hauptanzeige und die Bereichsanzeige beziehen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass nur analoge oder weniger abstrakte (bildhafte und situationsanaloge) Anzeigen eine Bereichsanzeige haben können und auch nur solche, deren Kodierung eine Skala erlaubt.³¹

Die zusätzliche Information, die der Bereich oder der weitere Zeiger vermitteln will, muss in einer anderen, von der Kodierung der Hauptanzeige unterschiedlichen Kodierung aufgebracht werden – in Abbildung 54 ist dies in allen Anzeigen die Farbe Rot, die aber jeweils unterschiedliche Bedeutungen hat. Die Zusatzinformation ist in der Regel digitaler Natur (Ruehmann 1993 a, S. 423).

Die Anzeigen in Abbildung 54 a, b und c zeigen auch, dass der Übergang von der Markierung eines einzelnen Skalenstrichs zur Markierung eines Bereichs fließend ist. Abbildung 54 a weist eindeutig einen markierten Skalenstrich auf, Abbildung 54 c dagegen einen Bereich, der bereits drei Skalenstriche umfasst. In der zweiten Anzeige von links in Abbildung 54 b umfasst der Bereich den Winkel zwischen zwei Skalenstrichen. Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle hinzugefügt, dass das Kühlwasserthermometer in Abbildung 54 a und die Momentanverbrauchs-

³¹ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 4. Juni 2008

anzeige unten in Abbildung 54 d durch ihre Wertzunahme gegen den Uhrzeigersinn sekundär inkompatibel sind.

Eine weitere Frage in Bezug auf Bereichsanzeigen ist, ob die Bereichsanzeige immer sichtbar sein muss, oder ob es genügt, den Bereich nur dann sichtbar zu machen, wenn die abzulesende Größe sich bereits im Bereich befindet. Ein Beispiel wäre ein Zeigerinstrument, dessen Zeiger beim Eintritt in den relevanten Bereich die Farbe ändert. Die qualitative Zusatzinformation ist grundsätzlich gegeben und damit Rühmanns Definition erfüllt (Ruehmann 1993 a, S. 423), die Vorteile der permanenten Bereichsanzeige – Ablesbarkeit der Bereichsgrenzen, Bekanntheit des Bereichs auch ohne ihn erreicht zu haben, Vorwarneffekt bereits bei Annäherung des Zeigers an den Bereich – entfallen jedoch. Ist die Bereichsanzeige ihrer Funktion nach eine Sollwertanzeige, dann muss sie unbedingt permanent angezeigt werden, damit die „Vollständigkeit der Informationsvermittlung“ (Ruehmann 1993 a, S. 424) gegeben ist.

Interessant ist abschließend noch die Frage, ob Skalen auf anderen Sinneskanälen als dem optischen möglich sind. Ein Referenzton, den man mit der akustischen Anzeige der abzulesenden Größe in Lautstärke oder Tonhöhe vergleicht, ist zwar ein zweiter Zeiger, da er aber nur einen einzigen Referenzwert darstellen kann, noch keine Skala. Viele optische Anzeigen und deren Skalen, welche die Kodierungen Winkel oder Position benutzen, könnten auch haptisch ausgelegt sein, so dass Zeiger und Skalenstriche ertastbar sind. Ein einfaches Beispiel hierfür ist das Bedienelement Drehknebel (St_012), das eben in der Darstellung seines Zustandes auch eine Anzeige ist – bei sicht- und fühlbarem Index auf dem optischen und dem haptischen Sinneskanal. Die hohe Präzision rein optischer Anzeigen kann hier freilich nicht erreicht werden, aber zumindest grobe Bereiche ließen sich beispielsweise durch unterschiedliche Rauheitsgrade der Oberfläche darstellen,³² die bestimmten Schaltstellungen zugeordnet sind.

6.1.4 Gestaltungsregeln

Aufgrund der bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel genannten Vielfalt der Anzeigen ist es nicht ganz leicht, konkrete Gestaltungsregeln für Anzeigenelemente zu benennen. Auf die „Anzeigengestaltung“ nach Bernotat (Bernotat 1993) und auch die bereits erwähnten DIN-Normen (DIN 43802 t2, DIN 43802 t3 und DIN 43802 t4) sei zwar selbstverständlich verwiesen – jene beziehen sich aber ausschließlich auf optische Anzeigenelemente, und dabei hauptsächlich auf digitale und analoge Anzeigen. Damit ist zwar ein wichtiges und großes Feld der Anzeigen abgedeckt, jedoch nicht das ganze.

Als grundlegende Gestaltungsregel lässt sich die Erfassbarkeit der Anzeigen nennen, also die Sicherstellung der Wahrnehmbarkeit. Dies bedeutet zunächst, dass die Anzeige auf einem der menschlichen Sinneskanäle stattfinden muss, und dass sie dabei in ihrer Intensität über der jeweiligen Wahrnehmungsschwelle und selbstverständlich unterhalb der Schmerzgrenze liegen sollte. Was zunächst offensichtlich klingt, wird schnell konkreter, wenn man noch störende Umwelteinflüsse wie zum Beispiel Lärm oder direkte Sonneneinstrahlung mit in Betracht zieht.

Grundlagen der menschlichen Sinneswahrnehmung finden sich bei Hajos' „Sinnesleistungen und Wahrnehmung“ (Hajos 1993), die Behandlung der einzelnen Sinneskanäle und ihrer Eigenheiten und Wahrnehmungsschwellen beschreibt Müller-Limmroth in „Sinnesorgane“ (Mueller-

³² Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 4. Juni 2008

Limmroth 1993). Die Details beider Abhandlungen sind hier nicht von Belang, die wesentlichen Größen sind in Tabelle 22 im Kapitel 6.5.2 beschrieben.

Aufbauend auf der Wahrnehmbarkeit der Anzeigen muss die Verständlichkeit der angezeigten Information berücksichtigt werden. Hierfür sind die in Kapitel 2.3 bereits behandelten, allgemeinen Gestaltungsregeln heranzuziehen, sowie natürlich die systemergonomischen Gestaltungsmaximen, wie beispielsweise die in Kapitel 2.1.2.3 beschriebene Kompatibilität.

Eine Frage, die sich bei den Anzeigenelementen noch deutlicher stellt als bei den Bedienelementen, ist die nach der Funktionsvereinigung. Dieses eigentlich aus den Methoden der Produktentwicklung stammende Prinzip besagt, dass dasselbe Bauteil – hier das Anzeigenelement – mehrere Funktionen darstellen kann, im Gegensatz zu je einem Anzeigenelement pro Funktion (Ehrlenspiel 2007, S. 470 ff). Die Funktionsvereinigung kann auch aus systemergonomischer Sicht Vorteile bringen, insbesondere dann, wenn die angezeigten Informationen in Relation zueinander stehen, erleichtert eine integrierte Anzeige die Erfassung der einzelnen Informationen selbst und deren Relation (Bubb 1993 c, S. 396 f).

Abbildung 55 zeigt am Beispiel des Tachometers das Prinzip der Funktionsvereinigung: Ganz links (a) steht ein Tachometer, der die Informationen Fahrzeuggeschwindigkeit (weißer Zeiger), Setzgeschwindigkeit des Längsregelsystems (grüner Dreieckspfeil) und Geschwindigkeitslimit (roter Bereich) in einem Anzeigenelement auf derselben Skala vereint. In Abbildung 55 b sieht man drei einzelne Tachometer, welche die drei Informationen jeweils mit einem eigenen Zeiger, aber auf einer vergleichbaren Skala anzeigen. Ganz rechts (c) sind die Informationen ebenfalls getrennt und zusätzlich noch digital – also ohne Skala – kodiert.

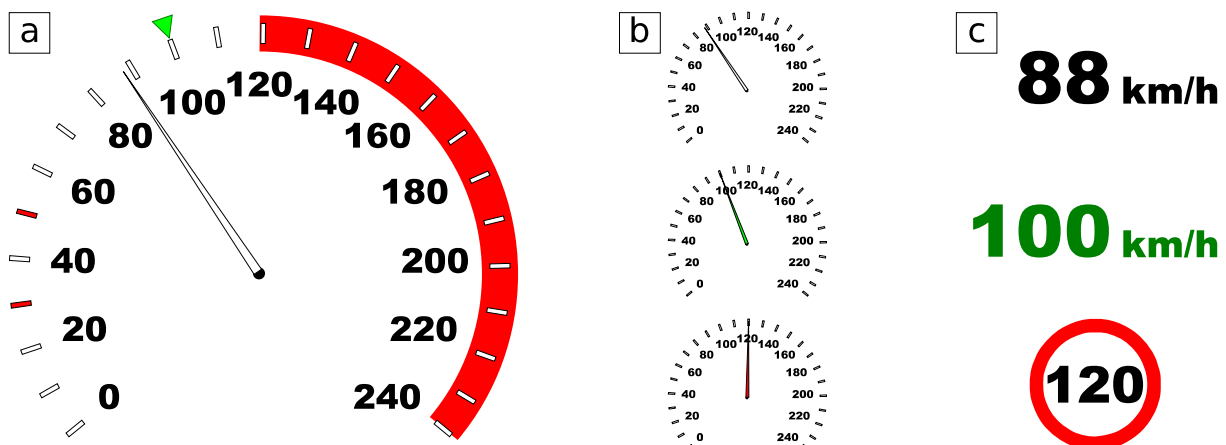


Abbildung 55: Funktionsvereinigung bei Anzeigenelemente am Beispiel eines Tachometers

Die überlagerte Farbkodierung in Abbildung 55, welche die drei Informationstypen klassifiziert, ist in allen drei Darstellungsformen gleich. Man erkennt, dass bei der integrierten Anzeige (a) die einzelnen Informationen leicht für sich allein, aber auch in Relation zueinander abgelesen werden können. Beispielsweise wäre sehr schnell erfassbar, wenn der weiße Zeiger sich im roten Bereich der Geschwindigkeitsbeschränkung befände.

Demgegenüber sind in Abbildung 55 b die drei einzelnen Informationen noch leichter für sich abzulesen – eine angemessene Größe und den damit verbundenen Flächenbedarf vorausgesetzt – da es zu keiner Interferenz auf der einzelnen Skala kommen kann. Um aber beispielsweise festzustellen, ob die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit über oder unter der Geschwindigkeitsbe-

schränkung liegt, muss der Benutzer die Relation zwischen beiden Informationen selbst herstellen.

Das ist immer noch relativ einfach, da die drei Einzelanzeigen in Abbildung 55 b gleich große Skalen haben und dadurch die Zeigerwinkel direkt miteinander vergleichbar sind. Wäre dies nicht der Fall oder wären die Informationen anders kodiert, wie in Abbildung 55 c gezeigt, dann muss der Benutzer tatsächlich die Absolutwerte der Anzeigen ablesen und als Zahlenwerte im Kopf vergleichen. Dass die Geschwindigkeitsbeschränkung hier in der bekannten Form des Verkehrsschildes dargestellt ist, unterstützt lediglich die Interpretation des Informationstyps, erspart aber nicht das Ablesen der Zahl.

Der Nachteil der Funktionsvereinigung ist die hohe Dichte der Informationen am selben Anzeigort. Zum Ablesen einer einzelnen Information muss zunächst der richtige Zeiger ausgewählt und dann abgelesen werden – sie hat also keinen festen Ableseort gegenüber den anderen. In Abbildung 55 a sind die Zeiger so unterschiedlich gestaltet (Zeiger mit Drehpunkt, Außenzeiger, Bereich), dass sie sich, obwohl sie dieselbe Skala benutzen, immerhin nicht gegenseitig verdecken können. Dies hat aber wiederum zur Folge, dass nur der weiße Zeiger den Effekt der Überhöhung des Kontrastes (vergleiche Kapitel 2.3.2) voll für sich ausnutzen kann. Der Dreieckspfeil in Abbildung 55 a hat auf der Skala praktisch nur noch eine Positionskodierung, aber keine Winkelkodierung mehr, da sein Bezug zum Mittelpunkt der Skala kaum mehr herstellbar ist. Bei der Entscheidung für oder gegen die Funktionsvereinigung in einem Anzeigenelement sind diese Vor- und Nachteile also gegeneinander abzuwägen.

Ein weiterer Aspekt bei der Gestaltung von Anzeigenelementen ist die Benutzung mehrerer Kodierungen für dieselbe Information, eventuell sogar mehrerer Kodierungen auf unterschiedlichen Sinneskanälen. Dies kann zur Verdeutlichung bestimmter Information, insbesondere bei Warnungen, sinnvoll sein, bedeutet aber auch eine höhere Darstellungsdichte für den Benutzer.

Abbildung 56 zeigt ein einfaches Beispiel: Es liegt jeweils die Geschwindigkeitsbeschränkung auf 120 km/h vor. Links oben (a) fährt der Fahrer langsamer, also unterhalb des Limits, in den drei anderen Fällen dagegen hat er das Limit überschritten. In den beiden Anzeigesituationen in Abbildung 56 c und d wird ihm dies als qualitative Information angezeigt, rechts oben (c) durch die rote Einfärbung der vorher schwarzen Anzeige der Fahrzeuggeschwindigkeit, rechts unten (d) noch zusätzlich durch die Vergrößerung der Anzeige der Geschwindigkeitsbeschränkung. Rechts unten ist also dieselbe Information durch zwei unterschiedliche Codes – Farbe und Größe – dargestellt und damit zweimal vorhanden.

Dieser Zielkonflikt kann nur durch sehr intuitive Codes gelöst werden, deren Interpretationsaufwand den Aufmerksamkeitsvorteil nicht aufwiegt. In Abbildung 56 c und d wird die Farbe Rot als Warnfarbe (vergleiche Kapitel 2.3.1.1) benutzt, um die Gefahr der Geschwindigkeitsüberschreitung darzustellen. Die Vergrößerung der Anzeige der Geschwindigkeitsbeschränkung in Abbildung 56 d stellt dagegen als Code selbst keine Warnung dar, sie zieht aber Aufmerksamkeit auf sich (siehe auch Kapitel 6.2.3) und weist damit deutlicher auf die schon vorhandene Anzeige hin, welche wiederum selbst als hoch gewohnter Code für Geschwindigkeitsbeschränkungen gelten kann und damit ihren Zweck erfüllt. Ein solcher, intuitiver Code liegt aber nur für sehr wenige Informationstypen vor.

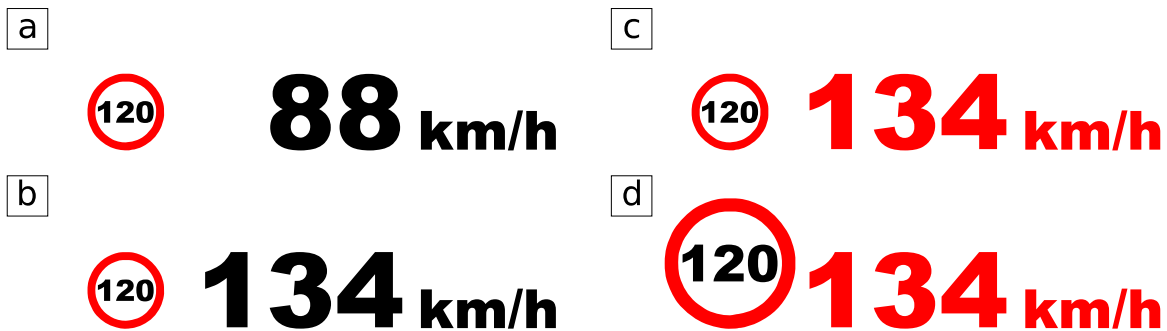


Abbildung 56: Mehrfachkodierung der Information "Limit überschritten"

6.2 Anzeigenmatrix

Die Anzeigenmatrix ist eine Gestaltungsrichtlinie für alle im Fahrzeug auftretenden Anzeigen und insbesondere Warnungen. Sie entsteht im Rahmen dieser Arbeit in enger Zusammenarbeit mit Lermer und damit auch im Rahmen von Lermers Dissertation (Lermer 2010), welche sich speziell mit einem Warn- und Informationsmanagement beschäftigt. Ziel ist es dabei, eine gewisse Konsistenz über alle Anzeigen im Fahrzeug in Bezug auf ihre Auslegung zu erhalten, so dass die von einer Anzeige beabsichtigte Fahrerreaktion einheitlich dargestellt wird und schließlich auch dadurch für den Fahrer leichter zu erfassen ist.

In den folgenden Abschnitten werden zunächst zugrunde liegende Begriffe geklärt, insbesondere wird aufbauend auf den Definitionen im Kapitel 6.1.1 die Abgrenzung zwischen Statusanzeigen und Warnungen verfeinert, aber auch auf die hier in engem Zusammenhang stehenden Assistenzsysteme ausgeweitet. Speziell auf die Warnungen und ihren Charakter wird besonders eingegangen. Danach werden die für Warnungen sehr wichtigen Möglichkeiten der Aufmerksamkeitserregung diskutiert. Abschließend wird die Anzeigenmatrix selbst beschrieben.

6.2.1 Assistenten und Anzeigen

Da gerade im allgemeinen Sprachgebrauch, bedingt durch eine fast inflationäre und auch sehr uneinheitliche Benutzung des werbewirksamen Begriffs des Assistenten, eine gewisse Vermischung der beiden Begriffe Assistent und Anzeige vorliegt (Bubb 2003, S. 26 f; Wandke 2005, S. 41 f), soll hier eine klare Definition des Unterschieds die Verwechslungsgefahr bannen und insbesondere den Hintergrund verdeutlichen, vor dem Anzeigen und Warnungen in dieser Arbeit und speziell in der Anzeigenmatrix betrachtet werden.

In den vorhandenen Definitionen der Fahrerassistenz finden sich stets zwei wichtige Begriffe: **Übernahme** und **Unterstützung** (Bubb 2003, S. 27; Haller 2001, S. 11 f). Während die Übernahme einer Teilaufgabe durch den Assistenten und die damit einher gehende Abgabe dieser Aufgabe vom Fahrer an das Assistenzsystem relativ klar bestimmbar ist, unterliegt der Begriff der Unterstützung einer sehr dehnbaren Interpretation. Beispielsweise lässt sich ein Navigationssystem, auch wenn es nicht gemäß der sehr strengen Definition von Braess und Reichart (Braess und Reichart 1995, zitiert nach Haller 2001, S. 11) direkt auf die Stabilisierungs- oder Führungsebene der primären Fahraufgabe wirkt, allgemein als Assistent betrachten, da es die Tei-

laufgabe Navigation der primären Fahraufgabe nach einer Zielauswahl komplett übernimmt und für den Fahrer durch entsprechende Anweisungen auf eine Führungsaufgabe reduziert.

Im Gegensatz dazu übernimmt zum Beispiel eine Parkabstandsanzeige keine Aufgabe, es sei denn, man unterstellt mit viel Phantasie, dass der Fahrer ohne dieses System das Fahrzeug verläße und den Abstand zu möglichen Hindernissen selbst ausmße. Zweifellos aber bietet eine Parkabstandsanzeige Unterstützung beim Parkvorgang – sie zeigt den Abstand an, den der Fahrer ohne das System durch Blick aus dem Fenster in der Regel nicht direkt einsehen kann und mithilfe seines räumlichen Vorstellungsvermögens abschätzen müsste.³³ Sie ist dabei selbstverständlich genauer als die Einschätzung des Fahrers, bleibt jedoch eine untätige Anzeige und unterscheidet sich hier nicht von einem Tachometer, der die Fahrzeuggeschwindigkeit anzeigt, welche der Fahrer ansonsten ebenfalls durch Blick aus der Windschutzscheibe nur schätzen könnte.

Bezieht man sich also auf den Begriff der Unterstützung, dann lässt sich beinahe jedes Fahrzeugsystem und jede Anzeige als Assistent bezeichnen. Da der Begriff des Assistenten einen eher positiven Beiklang besitzt, geschieht das im allgemeinen Sprachgebrauch vor allem bei Systemen, die neu in Fahrzeugen eingeführt werden. Die schon genannte Parkabstandsanzeige wird beispielsweise von einigen Herstellern als Parkassistent bezeichnet, während andere Hersteller diesen Begriff inzwischen für Systeme nutzen, die tatsächlich Teile des Parkvorgangs selbst übernehmen, zum Beispiel das Lenken.

Häufig werden auch neue Warnsysteme als Assistenten bezeichnet, obwohl sie beispielsweise nur die Aufgabe haben, den Fahrer in dem Fall zu warnen, dass er Informationen, die er selbst besser und sicherer als das Warnsystem wahrnehmen könnte, schlicht aufgrund von Unaufmerksamkeit übersehen hat, zum Beispiel ein Spurverlassenswarner. Andererseits werden bestimmte Systeme, die tatsächlich eine Aufgabe übernehmen, bestenfalls noch als Automatikfunktionen, aber nicht als Assistenten betitelt, wie das automatische Fahrlicht, häufig auch nur als Lichtsensor benannt. Wandke stellt also zu Recht fest, dass die allgemeine Verwendung des Begriffs Assistenz „von dem jeweils aktuellen Stand der Technik“ (Wandke 2005, S. 41) mehr abhängt, als von einer tatsächlichen und überprüfbaren Definition (Wandke 2005, S. 41 f).

Legt man den Begriff der Übernahme sehr streng aus, dann fallen auch Systeme aus dem Assistenzbereich heraus, die zwar durchaus eine Aufgabe übernehmen, jedoch eine Aufgabe, die der Fahrer selbst gar nicht durchführen könnte – entweder kognitiv oder schlicht aufgrund der Auslegung der primären Bedienelemente des Fahrzeugs. Zum Beispiel könnte der Fahrer mit einem einzigen Bremspedal weder das Blockieren eines einzelnen Rades verhindern (Antiblockiersystem ABS) noch gezielt ein einzelnes Rad abbremesen, um das Fahrzeug in der Spur zu halten (Elektrisches Stabilitätsprogramm ESP). Freilich ist diese Interpretation an die technische Lösung gebunden: Den Effekt, das Fahrzeug in der gewünschten Spur zu halten, könnte der Fahrer prinzipiell auch erzielen, allerdings durch eine Lenkhandlung statt durch Bremsengriff. Insofern zählen die beiden hier genannten Fahrwerksregelsysteme als Assistenten der Stabilisierung.

Häufig zeigen Assistenzsysteme auch Informationen an, selbst die gerade genannten Fahrwerksregelsysteme zeigen ihre Tätigkeit in der Regel durch Rütteln im Bremspedal (ABS) oder eine Kontrollleuchte (ESP) an. Insbesondere in der weiter gefassten Definition, welche die Warnsysteme mit einbezieht, sind die Anzeigen der Assistenzsysteme und deren Auslegung von großer Bedeutung. Es ist also festzustellen, dass mithilfe des Begriffs der Übernahme eine klare Unterscheidung zwischen Anzeigen und Assistenten zu treffen ist, dass aber dennoch die meisten

³³ Gespräch mit Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 14. Juli 2008

Assistenten eine oder mehrere Anzeigen besitzen. Hinführend auf die Auslegung dieser Anzeigen sollen im folgenden Abschnitt die Warnsysteme noch genauer betrachtet werden.

6.2.2 Warnungen

Im Zusammenhang mit den Assistenzsystemen werden häufig auch der Begriff der Warnsysteme und im Allgemeinen die Warnungen betrachtet. Wie schon zu Beginn des Kapitels festgestellt, ist nach Rühmann diese Handlungsaufforderung die wesentliche Eigenschaft, die Anzeigen von Warnungen unterscheidet (Rühmann 1993 a, S. 422). Auch die von Lermer und Müller festgelegte Definition (siehe Kapitel 4.3.2; Lermer 2009, S. 4) enthält neben dem **Schaden**, vor dem gewarnt wird, ganz eindeutig die **Handlungsaufforderung**.

Der Schaden, vor dem gewarnt wird, impliziert eine weitere Eigenschaft des Warnsystems, nämlich den **Soll-Ist-Vergleich**. Im einfachsten Fall muss ein Warnsystem dann warnen, wenn ein bestimmter Messwert eine gefährliche – das heißt Schaden verursachende – Schwelle über- oder unterschreitet (Lermer 2009, S. 24 f). Ist dem System die relevante Schwelle aber nicht bekannt, kann kein Vergleich stattfinden und auch nicht gewarnt werden – es handelt sich also auf jeden Fall um eine Anzeige. So ist die aufgedruckte rote Markierung bei 30 und 50 km/h in den Tachometern mancher Hersteller (vergleiche auch Abbildung 55 a) zwar eine hervorgehobene Skalenmarkierung, aber keine Warnung, da der Tachometer nicht weiß, ob sich das Fahrzeug inner- oder außerorts befindet, ob also die jeweilige Geschwindigkeit eine gefährliche Schwelle ist oder nicht. Im Gegensatz dazu ist die rote Bereichsmarkierung eines Drehzahlmessers tatsächlich eine Warnung, da sie immer vor einem gefährlichen Drehzahlbereich warnt.³⁴

In engem Zusammenhang mit dem Soll-Ist-Vergleich steht auch die Unterscheidung von Warnungen und Anzeigen anhand ihrer **Ereignisabhängigkeit**. Das Ereignis ist in der Regel das Über- oder Unterschreiten der zuvor genannten, gefährlichen Schwelle – der meist kontinuierliche Messwert wird also durch die Schwelle überführt in eine diskrete Information: „Schwelle ist überschritten“ oder „Schwelle ist nicht überschritten“ sind die beiden Zustände dieser Information, der Übergang zwischen beiden Zuständen ist das Ereignis. Ob aber dieses Ereignis eine Warnung zur Folge hat, hängt im Wesentlichen von der Wahl der Schwelle ab, beziehungsweise davon, ob diese Schwelle tatsächlich „gefährlich“ ist, ihr Überschreiten also einen Schaden nach sich zieht. Unterschreitet beispielsweise der Tankfüllstand die Dreiviertelmarke, ist dies zwar definitionsgemäß ein Ereignis, muss aber noch keinen Schaden und damit auch keine Notwendigkeit zur Warnung bedeuten. Die Ereignisabhängigkeit allein genügt also nicht zur Unterscheidung von Warnungen und Anzeigen.³⁵

Bei der Auslegung von Anzeigen sollte der tatsächliche Warncharakter beachtet werden, damit eine Anzeige dem Nutzer nicht mehr Gefahr vermittelt, als eigentlich vorhanden ist, und ihn so schlimmstenfalls abstumpft für dringendere Warnungen. Auf die konkrete Auslegung von Warnungen wird im Kapitel 6.2.4 noch genauer eingegangen.

Neben der Abgrenzung zu Anzeigen lassen sich Warnungen auch untereinander klassifizieren, beispielsweise nach der Absicht. Lermer und Müller unterscheiden zwischen Warn- und Wecksystemen: Ein Warnsystem geht von einem konzentrierten Fahrer aus, der vor einer Gefahr gewarnt werden muss, die er selbst nicht wahrnehmen kann. Im Gegensatz dazu warnt das Wecksystem den unkonzentrierten Fahrer vor einer Gefahr, die er selbst hätte wahrnehmen können

³⁴ Gespräch mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 6. November 2008

³⁵ Gespräch mit Dr. Ramona Lermer, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 1. Oktober 2008

und die ihm nur aufgrund seiner Ablenkung entgeht (Lermer 2009, S. 21). Das Wecksystem – Fricke spricht von Alarmen – hat lediglich die Aufgabe, den Fahrer aus seiner Ablenkung herauszuholen, während das Warnsystem gegebenenfalls weitere Aufgaben zu erfüllen hat (Fricke 2008, S. 4, Lermer 2009, S. 22).

Haller unterscheidet bezogen auf die Assistenzsysteme die Assistenzformen „Situationsanalyse“, „Situationsbewertung“, „Aktionsauswahl“, „Aktionsausführung“ und „Verantwortung“ (Haller 2001, S. 12). Vergleichbar, wenn auch nicht vollständig ineinander abbildbar, unterscheiden Lermer und Müller die folgenden Ebenen zunehmender Hilfestellung einer Warnung (Lermer 2009, S. 22):

1. Aufmerksamkeit erregen (Wecken, Alarm)
2. Aufmerksamkeit lenken
 - a) auf die Gefahrenart
 - b) auf den Gefahrenort
3. Handlungsvorschlag anbieten (zum Beispiel Lenkmoment)
4. Abwehrhandlung selbst ausführen (Automatik, keine Warnung notwendig)

Man erkennt, dass eine Warnung sich stets zwischen einer reinen Anzeige, welche mangels eines Vergleichswertes keine Situationsbewertung enthalten und dadurch auch keine Gefahr erkennen kann, und einer vollständigen Automatik befindet, welche aufgrund ihrer Kenntnis der Situation auf den Eingriff des Benutzers ohnehin verzichten kann. Wie viel Information eine Warnung enthalten kann, und damit, wie viel Hilfestellung sie dem Fahrer geben kann, hängt von zwei Faktoren ab:

Zunächst muss das entsprechende Warnsystem die Information überhaupt besitzen, die Situation also so genau kennen, dass es Gefahrenart, -ort oder gar Handlungsvorschlag bestimmen kann. Die in vielen aktuellen Fahrzeugen vorhandene Glatteiswarnung beispielsweise weiß keineswegs, ob tatsächlich Eis auf der Straße vorhanden ist, sie warnt prinzipiell lediglich vor dem Unterschreiten einer bestimmten Außentemperschwelle. Das Fallen der Lufttemperatur unter 3 - 5 °C – je nach Hersteller – bedeutet an sich aber keine Gefahr, die zusätzlichen Faktoren, die zu Glatteis führen, sind dem System nur nicht bekannt.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Gefahr in Abhängigkeit von der vom Warnsystem erfassbaren Größe spielt also ebenfalls eine maßgebliche Rolle für Warnungen. Zum einen führt die Unsicherheit des tatsächlichen Eintritts zu Fehlwarnungen, zum anderen müsste ein System, das eine Gefahr, deren Eintritt und die notwendige Handlung vollkommen sicher einschätzen kann, gar nicht mehr warnen, sondern könnte – sofern technisch möglich – automatisch reagieren, also Ebene 4 der Hilfestellung realisieren. Bei Fahrwerksregelsystemen ist dies der Fall, bei vielen anderen Warnsystemen aber noch nicht.

Der zweite Faktor für die Hilfestellungsebene ist schlicht der Informationsumfang, den eine einzelne Warnung in einer Situation vermitteln kann. Dass bei entsprechendem Zeitbudget fast jede noch so komplexe Information durch die entsprechende Kodierung – meist als Text – vermittelt werden kann, steht dabei außer Frage, bei Warnsystemen spielt aber die Geschwindigkeit der Informationsvermittlung eine entscheidende Rolle (Lermer 2009, S. 23). Das schon in Kapitel 4.3.2 besprochene Zeitbudget für die Reaktion des Benutzers bestimmt also mit, wie viel Information die Warnung dem Benutzer überhaupt vermitteln kann, und steht dabei natürlich in

direktem Zielkonflikt mit dem Informationsmaß, das dem Benutzer für eine richtige Reaktion vermittelt werden müsste. Den Ausweg aus diesem Zielkonflikt bietet nur die Automatik.

6.2.3 Aufmerksamkeitserregung

Die Erregung von Aufmerksamkeit – das Wecken des Benutzers und die Lenkung der Wahrnehmung auf die Warnung – ist die Mindestanforderung an eine Warnung. Die Art und Weise der Aufmerksamkeitserregung kann freilich abhängig von der Wichtigkeit der Warnung variieren. Ist die Definition der Warnung – bevorstehender Schaden und notwendige Handlung – aber erfüllt, dann ist es zwangsläufig nötig, dass die Warnung Aufmerksamkeit auf sich zieht. Daher sollen hier kurz die Mechanismen der Aufmerksamkeitserregung durch Anzeigen betrachtet werden, ohne jedoch das weite Feld der menschlichen Aufmerksamkeit mehr als zu streifen.

Prinzipiell ist jede wahrnehmbare Reizänderung in der Lage, Aufmerksamkeit zu erregen und auf sich zu ziehen, das heißt der Reiz muss mindestens vor oder nach der Änderung über der Wahrnehmungsschwelle des entsprechenden Sinneskanals liegen, und die Änderung muss größer als die Auflösungsschwelle des jeweiligen Sinneskanals sein.³⁶ Dies gilt im Grunde für alle menschlichen Sinneskanäle.

Das Potential der Aufmerksamkeitserregung hängt von zwei Faktoren ab, die Schumann für den optischen Sinneskanal folgendermaßen formuliert hat: „Im optischen Bereich ist für die Aufmerksamkeitserregung eine Änderung der Intensität notwendig. Diese wirkt umso mehr, je größer der **Intensitätsunterschied** ist und je größer die **Fläche** der Intensitätsveränderung ist.“³⁷ (Lerner 2010, S. 45).

Diese Beschreibung umfasst auch Bewegungen – bewegte Objekte verursachen im Sichtfeld eine Intensitätsveränderung, indem ihre eigene, konstante Intensität von der Fläche des Ausgangsorts zur Fläche des Zielorts verlagern – und Blinken – die Intensität verändert sich von der oder zur Intensität Null. Im Falle von hellen Lichtquellen kann auch ein statischer Reiz genügen: Das menschliche Auge ist stets geneigt, von dunklen zu hellen Flächen zu wandern (Mueller-Limmroth 1993, S. 35).

Prinzipiell lässt sich auf jedem menschlichen Sinneskanal Aufmerksamkeit erregen, wobei die Entsprechungen von Intensität und Fläche nicht immer gegeben sind.³⁷ Generell sind akustische Anzeigen sehr gut dazu geeignet, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, weil sie aufgrund ihrer Unabhängigkeit von Blickrichtung oder sonstigen Situationen nicht übersehen und sehr schnell verarbeitet werden können (Birger 2007, S. 40 f). Bei einer akustischen Anzeige beispielsweise kann die Lautstärke als Intensität betrachtet werden. Die Fläche jedoch findet zunächst kein Pendant, auch wenn eine akustische Anzeige durchaus einen vom Menschen lokalisierbaren Anzeigeort und damit eine räumliche Komponente haben kann (Mueller-Limmroth 1993, S. 40).

Als eine weitere Möglichkeit der Lenkung von Aufmerksamkeit wäre es denkbar, alle anderen Reize auf dem warnenden Kanal oder auf allen Sinneskanälen auszublenden. Bei einer akustischen Warnung würde das bedeuten, alle anderen Schallquellen, insbesondere Unterhaltungsmusik, verstummen zu lassen, bei einer optischen Warnung müssten alle anderen Anzeigen erlöschen. Hier könnten aber die beiden oben beschriebenen Mechanismen kollidieren, da einerseits die Führung des Blicks zur dann übrigen, einzigen Lichtquelle unterstützt wird, andererseits aber das Ausblenden aller anderen Anzeigen selbst eine Intensitätsveränderung auf einer nicht uner-

36 Gespräch mit Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 25. August 2008

37 Gespräch mit Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 29. Oktober 2008

heblichen Fläche bedeutet. Würden die anderen Anzeigen nicht einfach verlöschen, sondern sich auf den Anzeigenort der Warnung zu bewegen und in diese übergehen, dann könnte diese Kollision verhindert werden.

6.2.4 Anzeigenauslegung

Die auf Basis all dieser Überlegungen entstandene Anzeigenmatrix hat, wie schon erwähnt, den Anspruch, für jede Anzeige im Kraftfahrzeug die passende Anzeigengestaltung vorzuschlagen. Zur Klassifizierung bedient sie sich hierfür des Schemas nach Dringlichkeit und Schadensausmaß (siehe Kapitel 4.3.2). Die dort getroffenen Festlegungen und Definitionen sind auch hier gültig: Jede Anzeige lässt sich nach ihrer Dringlichkeit – also dem Zeitbudget, das dem Fahrer für die Reaktion auf die Anzeige oder Warnung zur Verfügung steht – und dem Schadensausmaß, das bei Nichtbeachtung der Anzeige oder Warnung eintritt, beurteilen und so klassifizieren.

Die bereits in Abbildung 24 vorgestellten Felder, welche sich durch die orthogonale Aufzeichnung der in Kapitel 4.3.2 definierten Klassen von Dringlichkeit und Schadensausmaß ergeben, werden von Lermer und Müller auf Basis eigener Recherchen – insbesondere Lermers Arbeit (Lermer 2010) – und mithilfe vieler Expertengespräche befüllt (Lermer 2009). Da beide Größen nicht durch technische Messwerte zu erfassen sind – das Zeitbudget noch eher als das Schadensausmaß, aber auch hier gibt es natürlich eine gewisse Streuung in der Einschätzung – kann eine harte Einordnung einer Anzeige in ein Matrixfeld nie unumstößlich belegt werden. Daher wird die exakte Zuordnung einer konkreten Anzeige immer von Fall zu Fall zu diskutieren sein. Hier sei auch angemerkt, dass es sich natürlich anböte, der Skala des Zeitbudgets die im Kapitel 2.2.1 besprochenen Zeithorizonte der drei Ebenen der primären Fahraufgabe zuzuordnen. Jedoch brächte das keinen Vorteil, denn die Zuordnung von Funktionen zu den Fahraufgabenebenen ist gröber als die Einschätzung des Zeitbudgets. Außerdem muss für die Anzeigenauslegung die tatsächliche Anzeige und nicht die ihr zugrunde liegende Funktion betrachtet werden. Beispielsweise sollten die Anzeigen „Vorwarnung“ und „Akutwarnung“ der Funktion „Kollisionswarner“ unbedingt unterschiedlich in die Matrix eingeordnet und auch unterschiedlich ausgelegt werden.

Abbildung 57 zeigt zunächst die grobe Zuweisung der „Anzeigenmodalitäten“ (Lermer 2010, S. 53) – das heißt des Sinneskanals und der groben Auslegung – zu den Anzeigenklassen. In Abbildung 58 sieht man den konkreten Auslegungsvorschlag für jede Anzeigenklasse.

Die Bestimmung des Schadensausmaßes ist noch schwieriger bei Warnsystemen, die nicht eindeutig vor einer bestimmten Gefahr warnen können, sondern nur Indizien für diese Gefahr kennen (vergleiche Kapitel 6.2.2). Die Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts und damit das Schadensausmaß bei Nichtreaktion des Fahrers unterliegen bei solchen Systemen einer großen Streuung. Diese Streuung macht die Einordnung solcher Warnsysteme in die Anzeigenmatrix kompliziert.

Zwangsläufig führt die beschriebene Streuung auch zu einer Erhöhung der Häufigkeit von Warnungen des Systems, da zusätzlich zu den tatsächlich gefährlichen Situationen, in denen das gemessene Indiz vorhanden sein muss, auch ungefährliche Situationen bewarnt werden, in denen das Indiz trotzdem vorhanden ist. Am Beispiel der schon weiter oben besprochenen Glatteiswarnung wird das deutlich: Ist Glatteis vorhanden, muss die Lufttemperatur normalerweise unter 3 °C liegen, es sind aber weitere Umstände wie Feuchtigkeit und die Straßenoberflächentemperatur von Bedeutung für die tatsächliche Anwesenheit von Glatteis, während das Indiz Lufttemperatur auch unter anderen Bedingungen die relevante Schwelle unterschreiten kann. Das Warnsys-

tem muss allerdings aufgrund des Indizes und mangels weiterer Informationen vom schlimmsten Fall ausgehen und eine Warnung ausgeben.

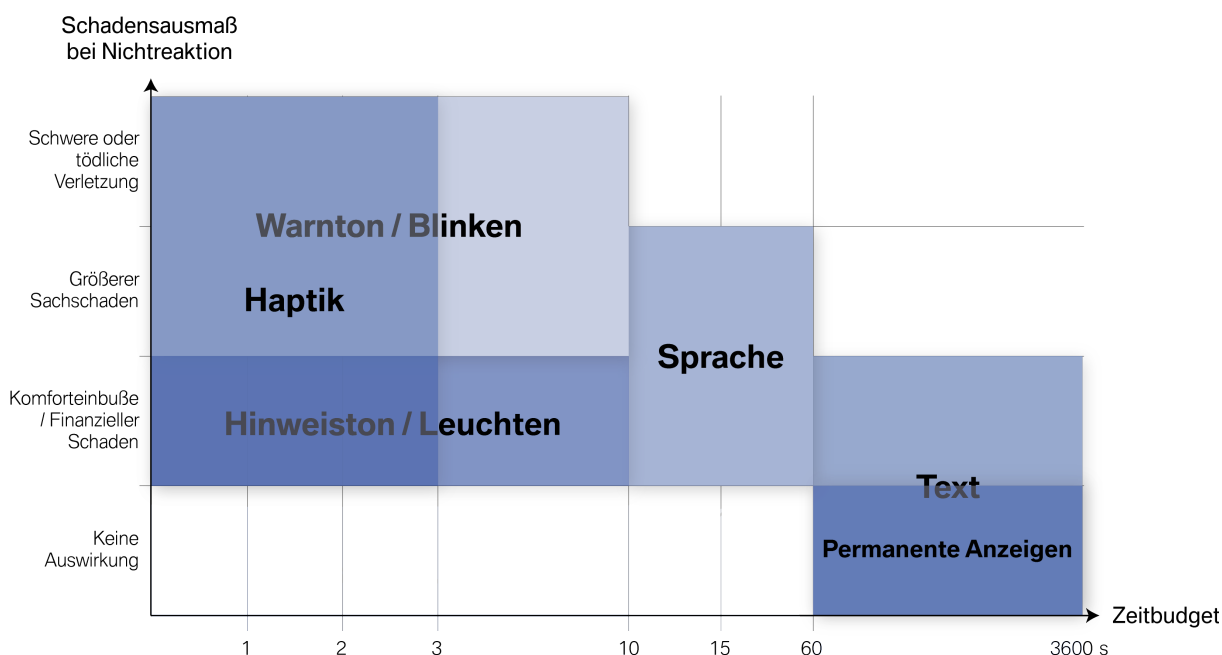


Abbildung 57: Anzeigenmatrix: Zuordnung von Modalitäten zu den Anzeigenklassen (aus Lerner 2010, S. 53)

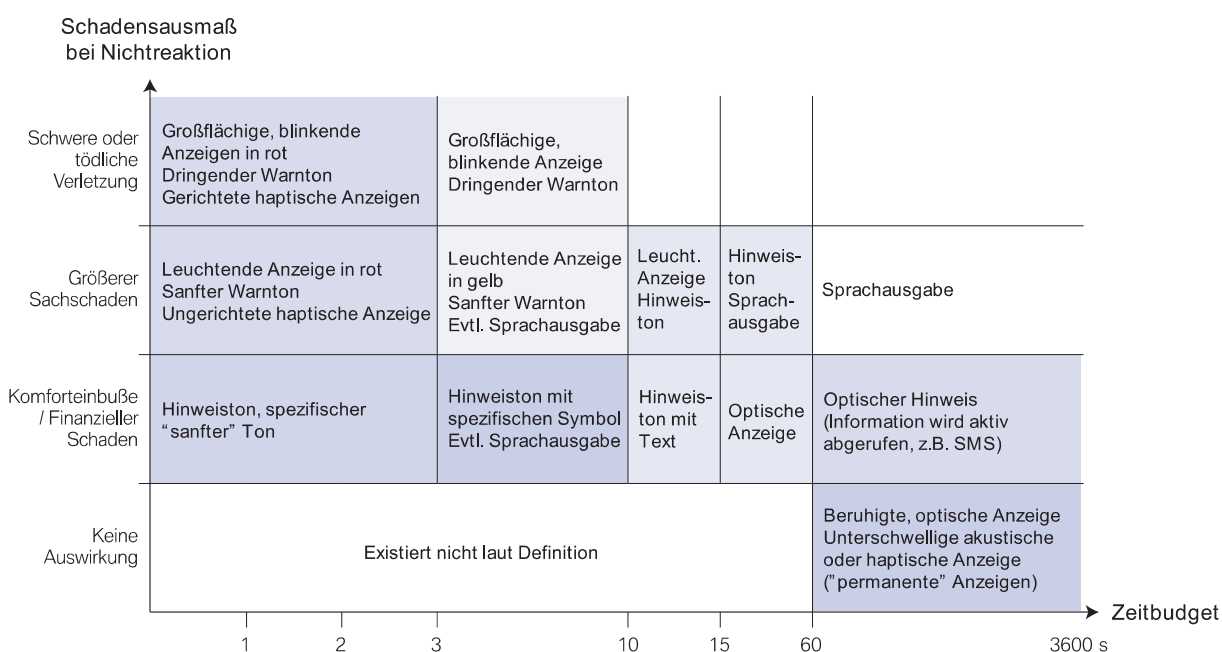


Abbildung 58: Anzeigenmatrix: Zuordnung von Anzeigenauslegungen zu den Anzeigenklassen (aus Lerner 2009, S. 9)

Aufgrund dieser – auch schon weiter oben angedeuteten – höheren Warnhäufigkeit wird eine Anzahl von Warnmeldungen des Systems trotz völliger Funktionstüchtigkeit desselben als Falschwarnung (falsch-positiv) wahrgenommen. Damit der Fahrer sich über diese Falschwarnun-

gen nicht zu sehr ärgert oder das System als fehlerhaft betrachtet, legen viele Hersteller die Warnungen dieser Warnsysteme sanfter aus, als die bewarnte Gefahr es eigentlich geböte.

Die Anzeigenmatrix kann und darf dieses Kriterium allerdings aus den schon im Kapitel 6.2.2 genannten Gründen nicht berücksichtigen, im Gegenteil: Die tatsächliche (nicht systemabhängige) Schadenseintrittswahrscheinlichkeit beziehungsweise -häufigkeit darf kein Kriterium sein, denn wenn eine Gefahr auftritt, dann sollte davor immer mit einer der Gefahr angemessenen Warnauslegung gewarnt werden, egal wie häufig diese Gefahr eintritt. Für die letztendliche Auslegung der Warnung aber muss die Warnhäufigkeit natürlich unter dem Aspekt der Nutzerakzeptanz ins Kalkül gezogen werden.

Allerdings bleibt die systemabhängige Zuverlässigkeit eines Warnsystems ein nachgeschaltetes Kriterium – bei der Wahl einer Anzeigemodalität muss zunächst von einem perfekten System ausgegangen werden. Eine Anpassung aufgrund der Unzulänglichkeit des Systems (häufige falsch-positiv Warnungen) kann erst nachträglich stattfinden und findet daher keinen Niederschlag in der Anzeigenmatrix.

Die Streuung des Schadensausmaßes auch bei mehreren Indizien ist dabei ebenfalls als Unzulänglichkeit des Systems zu sehen: Ein perfektes Warnsystem könnte das exakte Schadensmaß situationsabhängig bewerten und differenziert reagieren. Die einzelnen Schadens- beziehungsweise Warnereignisse wären dann einzelne Punkte in der Matrix, nicht das Warnsystem als Ganzes.

In Abbildung 57 sieht man in der Anzeigenklasse ganz rechts unten die von Schumann so genannten „permanenten Anzeigen“³⁸. Schumann definiert diese insbesondere im Gegensatz zu den von Ereignissen – vor allem Warnereignissen – abhängigen Anzeigen und Warnungen als jene, die immer vorhanden sind und daher keine Aufmerksamkeit auf sich lenken dürfen, wie ein Tachometer.^{38,39} Dies impliziert, dass sie keine Warnungen per Definition sein können und daher das Schadensausmaß „keine Auswirkung“ und ein unendliches Zeitbudget besitzen.

Es handelt sich hier um Anzeigen, die permanent im Regelkreis benutzt und damit vom Fahrer aktiv durch Blickzuwendung abgefragt werden – und damit zwangsläufig auf dem optischen Sinneskanal und unaufdringlich ausgelegt sein müssen.³⁸ Dazu zählt zum Beispiel neben dem Tachometer oder der Kühlwassertemperatur prinzipiell auch die Parkabstandsanzeige, auch wenn jene nur in bestimmten Situationen und nicht in allen Phasen der Fahrt gebraucht wird. Die häufige Auslegung als akustische Anzeige hat weniger den Warncharakter als Grund, als die Tatsache, dass der Fahrer dieses System in einer Situation benutzt, in der er den Blick vor allem aus den Fenstern richtet und daher die Abstandsanzeige nur auf dem freien, akustischen Kanal ungestört aufnehmen kann.³⁸

Zu den permanenten Anzeigen zählen auch jene, die der Fahrer nicht allein durch Blickzuwendung, sondern durch eine Bedienhandlung abfragt, wie beispielsweise die Bordcomputerdaten Durchschnittsgeschwindigkeit und Verbrauch, oder eben wieder die Parkabstandsanzeige, die der Fahrer in bestimmten Situationen selbst einschalten muss, um sie im Regelkreis des Rangiervorgangs zu benutzen.

Der Fahrer kann prinzipiell nur Statusanzeigen gezielt abfragen, denn der zur Handlung auffordernde Charakter eine Warnung kann gar nicht gegeben sein, wenn der Fahrer selbst die Anzeige anfordert. Dass bestimmte Warnsysteme vom Fahrer ein- und ausgeschaltet werden können oder müssen, steht dazu nicht im Widerspruch, da in diesem Fall der zeitliche Zusammen-

38 Gespräch mit Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 29. Oktober 2008

39 Gespräch mit Dr. Ramona Lermer, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 1. Oktober 2008

hang zwischen einer Bedienhandlung und der eventuell darauf folgenden Warnung von äußeren Umständen abhängt und vom Fahrer nicht vorhergesehen werden kann. Eine Warnung ist keine bewusst abgefragte Information.

Die durch die Anzeigenmatrix festgelegten Anzeigenklassen lassen sich noch zu einem weiteren Zweck gebrauchen, nämlich zur Priorisierung von Anzeigen untereinander. Diese Priorisierung kann ausschlaggebend sein, wenn Anzeigen eine gemeinsame Anzeigefläche benutzen, was bei der Instrumentenkombination im Kraftfahrzeug immer häufiger der Fall ist. Die dadurch gegebene Notwendigkeit eines Prioritätsmanagements (Lermer 2010, S. 53 ff) bedingt auch die Festlegung der Prioritäten selbst, also welche Anzeige eine andere Anzeige in der technischen Anzeigeeinheit verdrängen darf oder nicht.

Lermer behandelt in ihrer Dissertation (Lermer 2010) einen Ansatz zur prioritätsgesteuerten Koordination der Warnanzeigen, die sich in der Anzeigenmatrix ganz links oben einordnen, also der akuten Warnungen der so genannten Fahrerassistenzsysteme (FAS). Die Anzeigenmatrix ließe sich darüber hinaus zur generischen Priorisierung von Anzeigen benutzen, wie Abbildung 59 zeigt, indem jeder Anzeigenklasse der Anzeigenmatrix eine Priorität zugeordnet wird. Man sieht in Abbildung 59, dass selbstverständlich die von Lermer behandelte Anzeigenklasse ganz links oben die Priorität eins erhält. Von dort ausgehend werden die Prioritäten entsprechend der Entfernung von dieser Klasse, also mit zunehmendem Zeitbudget für die Reaktion und mit abnehmendem Schadensausmaß vergeben.

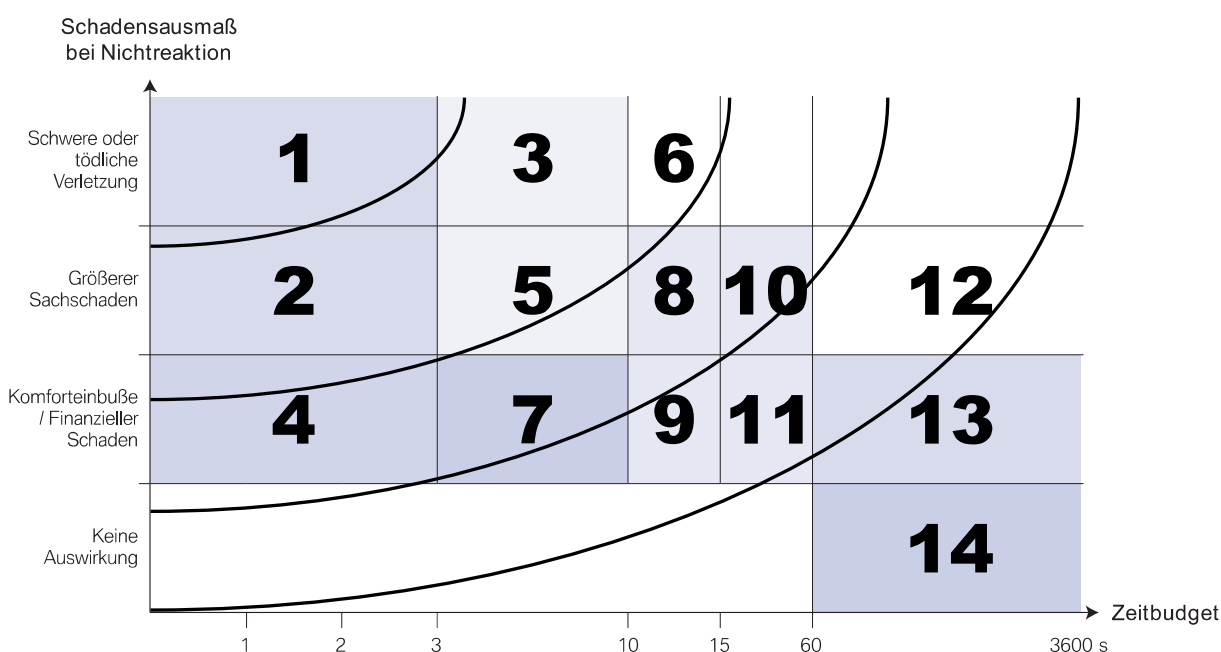


Abbildung 59: Nutzung der Anzeigenmatrix zur Festlegung von Anzeigenprioritäten

Dabei gilt in Absprache mit Miličić (Milicic 2010, S. 91 ff) Zeitbudget vor Schadensausmaß, was beispielsweise bedeutet, dass ausgehend von der Anzeigenklasse ganz links oben die Klasse mit gleichem Schadensausmaß aber nächsthöherem Zeitbudget geringere Priorität hat als die Klasse mit gleichem Zeitbudget aber nächstgeringerem Schadensausmaß. So erhält jede Anzeigenklasse eine Prioritätseinstufung, wie sie in Abbildung 59 zu sehen sind.

Dieser Ansatz löst jedoch nicht das Prioritätsmanagement bei Anzeigen, die sich in derselben Anzeigenklasse der Matrix befinden. Hierfür gibt es bereits andere Ansätze, beispielsweise bei

Lermer (Lermer 2010) und Milić (Milicic 2010), aber auch unter anderem bei Wolf et al. (Wolf 2005), die teilweise ebenfalls die Kriterien Schadensausmaß und Zeitbudget verwenden, sich aber auch anderer Eigenschaften bedienen oder teilweise für konkrete Anzeigen statisch festgelegte Prioritäten benutzen. Damit sind die Anzeigenmatrix und die mit ihrer Hilfe mögliche, einheitliche Auslegung von Anzeigen und Warnungen beschrieben. Es folgt die Betrachtung der überhaupt möglichen Kodierungen von Informationen, darauf die Besprechung der realen Anzeigenelemente in Kraftfahrzeugen und danach der tatsächliche Anzeigenelemente-Baukasten.

6.3 Kodierungen

Jede Anzeige muss eine Information in einer gewissen Weise darstellen. Diese Weise ist die Kodierung, welche die „systematische Darstellung bestimmter Signale oder Werte durch eine andere Reihe von Signalen“ (DIN EN 60073, S. 6) inklusive der Abbildungsregeln festlegt. Die Norm DIN EN 60073 (DIN EN 60073) listet in ihrem Anhang C (DIN EN 60073, S. 25 ff) die meisten theoretisch möglichen Kodierungen auf, inklusive einer empfohlenen Höchstzahl der auf dieser Kodierung von der menschlichen Wahrnehmung unterscheidbaren Stufen.

Im Wesentlichen basierend auf der DIN EN 60073 zeigt Tabelle 20 einen beispielhaften Auszug der im Rahmen dieser Arbeit benutzten Kodierungen. Die komplette Liste befindet sich in Tabelle 40 in Anhang E auf Seite 272. Dabei enthält in beiden Tabellen die erste Spalte eine laufende Nummer im Format „Code_xx“, die zweite Spalte die Beschreibung der Kodierung gemäß der Ordnung und Wortwahl der DIN EN 60073, welche Sinneskanal, Hauptmerkmal und Ausprägung des Merkmals aufzählt. Die verbleibenden vier Spalten in Tabelle 20 stellen die Eignung der Kodierung für die Darstellungsformen nach Rühmann fest (Ruehmann 1993 a, S. 425 ff; siehe auch Kapitel 6.1.2).

Tabelle 20: Auszug aus den möglichen Kodierungen von Information, basierend auf Anhang C der DIN EN 60073 (DIN EN 60073, S. 25 ff)

Kodierungen		mögliche Darstellungsformen			
Lfd. Nr.	Kodierung	digital	analog	bildhaft	situations-analog
Code_01	optisch, Farbe, Helligkeit	ja	ja	nein	nein
Code_02	optisch, Farbe, Sättigung	ja	ja	nein	nein
Code_03	optisch, Farbe, Buntton (Farbe)	ja	ja	nein	nein
Code_04	optisch, Farbe, Kontrast	ja	ja	nein	nein
...					
Code_22	akustisch, Tonart, Ton	ja	nein	nein	nein
Code_23	akustisch, Tonart, Sprache	ja	nein	nein	nein
Code_24	akustisch, Tonart, Melodie / Geräusch	ja	nein	nein	nein
...					
Code_33	mechanisch, Kraft, Amplitude	ja	ja	nein	nein
Code_34	mechanisch, Vibration, Amplitude	ja	ja	nein	nein
Code_35	mechanisch, Vibration, Frequenz	ja	ja	nein	nein
Code_36	mechanisch, Position, Lage	ja	ja	ja	ja
Code_37	mechanisch, Position, Orientierung (Winkel)	ja	ja	ja	ja
...					

Im Rahmen dieser Arbeit werden den Kodierungen weitere Eigenschaften zugewiesen, die dann auch für die Anzeigenelemente gelten, welche die jeweilige Kodierung benutzen. Aus diesem Grund werden diese Eigenschaften weiter unten in Kapitel 6.5.2 zusammen mit den Eigenschaften der Anzeigenelemente selbst beschrieben.

6.4 Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen

Der Versuch, an dieser Stelle die Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen analog den Bedienelementen in Kapitel 5.2 zu betrachten, scheitert bereits an der Tatsache, dass in der Literatur keine den Bedienelementen vergleichbare Aufstellung der verfügbaren Anzeigenelemente gefunden werden konnte. Lediglich die schon angesprochene DIN EN 60073 verfügt über die beschriebene Auflistung der Kodierungen. Die Literatur beschäftigt sich eher mit der konkreten Auslegung von Anzeigen, insbesondere von Warnungen (z.B. Milicic 2010, Muehlstedt 2007, Niedermaier 2003, Schumann 1993). Die oben zitierte Klassifizierung nach Rühmann (Rühmann 1993 a) hilft freilich bei der Analyse von Anzeigenelementen, enthält aber keine Aufstellung aller verfügbaren Anzeigenelemente wie es sie für die Bedienelemente bei Rühmann (Rühmann 1993 b, S. 556), bei Bullinger (Bullinger 1997, S. 704) und in der DIN-Norm DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 19 ff) gibt.

Bei der Durchführung der in Kapitel 3 beschriebenen Methode wird schnell klar, dass der mutmaßliche Grund hierfür die bei Anzeigenelementen im Vergleich zu Bedienelementen viel höhere Unabhängigkeit des Prinzips von der Technik ist. Während bei Bedienelementen das Bedienprinzip unter anderem durch die Freiheitsgrade eng mit der Mechanik verknüpft ist, kann ein bestimmtes Anzeigeprinzip durch sehr viele völlig unterschiedliche Technologien dargestellt werden.

Die in Abbildung 60 gezeigten Beispiele sollen dies verdeutlichen: Jeweils drei untereinander angeordnete Anzeigenelemente in Abbildung 60 zeigen dasselbe Anzeigeprinzip. In der ersten Spalte (a, b, c) sieht man Zeigerinstrumente mit Rundskala – die beiden oberen sind mechanisch ausgeführt, das untere jedoch durch einen Farbbildschirm dargestellt. Die zweite Spalte in Abbildung 60 (d, e, f) zeigt das Prinzip Kontrollleuchte – oben als mechanisch verschiebbare Fläche in einem Sichtfenster, in der Mitte als runde Leuchtdiode (LED) und unten als eckige LED, wobei die Form der LED keine Information enthält sondern lediglich ein Designelement darstellt. Wäre sie eine Glühbirne, wäre das Anzeigeprinzip dennoch dasselbe.

Die dritte Spalte in Abbildung 60 (g, h, i) zeigt das Prinzip einer Balkenanzeige – oben als Flüssigkristallanzeige (LCD), in der Mitte als Vakuum-Fluoreszenz-Anzeige (VFD) und unten in Form dreier LED. Die vierte Spalte (j, k, l) schließlich präsentiert das Prinzip des Leuchtsymbols – oben als hinterleuchteter Aufdruck (die Hintergrundfläche leuchtet), in der Mitte als durchleuchtete Kontur (das Symbol leuchtet) und unten wieder als VFD (das Symbol leuchtet). Leuchtsymbole, Balkenanzeigen und Kontrollleuchten könnten prinzipiell auch jeweils auf einem Bildschirm simuliert werden und trotzdem dasselbe Anzeigeprinzip innehaben.

Aufgrund der Zielsetzung dieser Arbeit soll der Anzeigenbaukasten nicht aus einer Auflistung der Anzeigetechnologien bestehen, sondern aus den Anzeigeprinzipien. Bei der Analyse der realen Fahrzeuge fällt aber auf, dass sich die Anzeigeprinzipien in Kraftfahrzeugen im Wesentlichen auf die vier in Abbildung 60 gezeigten beschränkt – bei neueren Fahrzeugen kommen Texte und die komplexen, das heißt bildhaften und situationsanaloge, Anzeigen der Bildschirmsysteme hinzu, beschränken sich aber auch auf einzelne Funktionen. Eine Betrachtung der Zahlen liefert eine hohe Häufigkeit der Kontrollleuchten in Form von LED – ähnlich und meist in Zusammen-

hang mit den ebenfalls sehr häufigen Tastern in Kapitel 5.2. Abgesehen davon hat jedes der analysierten Fahrzeuge ein Rundinstrument als Tachometer und ein weiteres als Drehzahlmesser – in der Instrumentenkombination kommen zum Teil weitere hinzu.

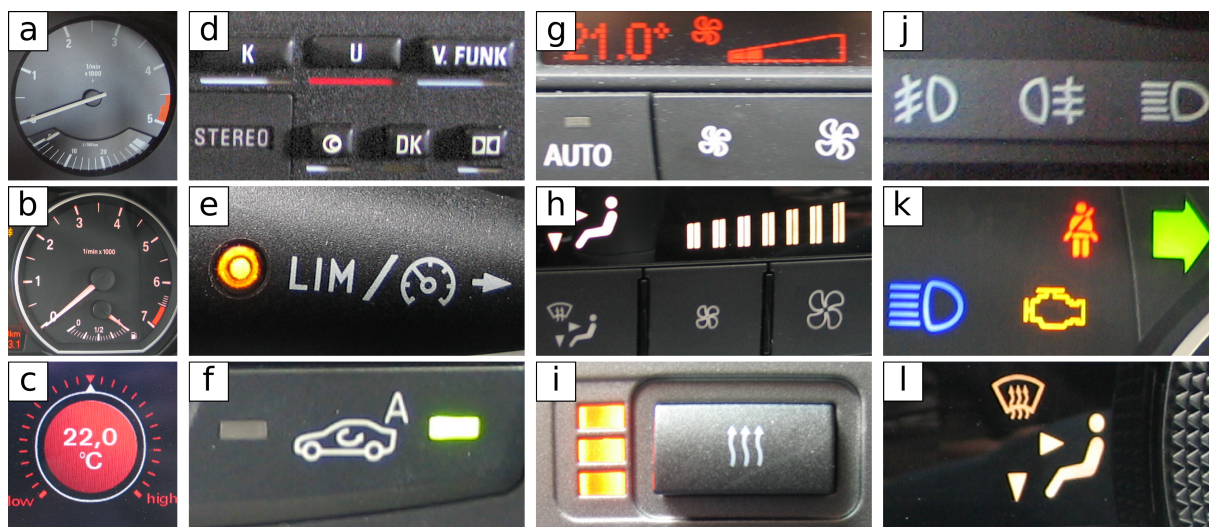


Abbildung 60: Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen: Rundinstrumente (a, b, c), Kontrollleuchten (d, e, f), Balkenanzeigen (g, h, i) und Leuchtsymbole (j, k, l)

Auch für den Anzeigenort – freilich ausschließlich der optischen Anzeigen, da die meisten akustischen Anzeigen in den analysierten Fahrzeugen keinen spezifischen Ort haben und keine haptischen Anzeigen vorhanden sind – lässt sich der Analyse der realen Fahrzeuge nur das Folgende abgewinnen: Entweder wird eine Nutzerfunktion und ihr Status dort angezeigt, wo sie auch bedient wird – was dann mit der Erfassung des Bedienortes in Kapitel 5.2 abgehandelt ist, oder Funktionen werden in prägnanten Anzeigebereichen zusammengefasst, nämlich der Instrumentenkombination und in neueren Fahrzeugen dem Bildschirm des Bildschirmbediensystems und zum Teil noch dem HeadUp-Display (HUD, vergleiche auch auf Seite 150 Abbildung 50 c).

In der Instrumentenkombination werden hauptsächlich dieselben, meist der primären oder sekundären Fahraufgabe zuzuordnenden Anzeigen vereint, während sich in der Mittelkonsole der Fahrzeuge die Anzeigen der tertiären Nutzerfunktionen finden. Dies wiederum entspricht auch der theoretischen Forderung, Anzeigen gemäß ihrer Fahrrelevanz näher oder ferner dem Hauptsichtstrahl auf die Straße anzuordnen (Eckstein 2008, S. 2 f; Milicic 2010, S. 82 f), und überrascht daher nicht.

Eine genauere statistische Betrachtung von Anzeigeprinzip und -ort wie in Kapitel 5.2 scheint daher nicht zielführend, vielmehr wird die Betrachtung der Kodierungen im nachfolgenden Kapitel bei der Aufstellung des Anzeigen-Baukastens eine große Rolle spielen, beispielsweise der in den realen Fahrzeugen den beschriebenen Anzeigeprinzipien häufig überlagerte Farbcode.

6.5 Aufstellung des Anzeigen-Baukastens

Ähnlich wie schon bei der vorangegangenen Analyse der realen Fahrzeuge fällt es auch bei der Aufstellung des Anzeigen-Baukastens schwer, analog dem Vorgehen in Kapitel 5.3 dieselben Schritte einzuhalten. Der deutlich geringere Umfang an Literaturvorlagen ist bereits angesprochen, genau wie das Ergebnis der Analyse realer Fahrzeuge: Beide Ansätze leisten nicht in dem

Umfang ihren Beitrag zur Aufstellung des Anzeigen-Baukastens, wie das bei den Bedienelementen der Fall ist. Entsprechend ist auch die Anwendung der systematischen Variation von Eigenschaften nach Ehrlenspiel (Ehrlenspiel 2007, S. 409 ff) nicht möglich, da die in Literatur und Analyse gefundenen Eigenschaften der Anzeigenelemente zumeist technischer Natur sind, was gemäß den Überlegungen weiter oben nicht zum Ziel führen würde.

Einzig die Aufstellung der Kodierungen, wie in Kapitel 6.3 beschrieben, zeigt zum einen eine gewisse Vollständigkeit und zum anderen die erwünschte systemergonomische Relevanz. Eine Variation der theoretisch möglichen Kombinationen von Kodierungen ist also die einzige systematische Methode, die zur Aufstellung des Anzeigen-Baukastens beitragen kann. Die Methode ist in Kapitel 5.3.1 genau beschrieben, das Ergebnis ist in diesem Fall deutlich umfangreicher als das Beispiel in Abbildung 34 auf Seite 109 und wird daher hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt. Die Darstellung dieses Zwischenschritts ist auch nicht notwendig, das Ergebnis findet seinen Niederschlag im Anzeigen-Baukasten selbst.

Um die Vollständigkeit des Anzeigen-Baukastens zu gewährleisten, werden zusätzlich intensive Expertengespräche^{40,41,42,43} geführt. Ohne diese Gespräche komplett wiederholen zu wollen sei hier an einem Beispiel verdeutlicht, welche Fragestellungen und welche Komplexität dem Ergebnis des Anzeigen-Baukastens zugrunde liegen, der bereits weiter oben in Abbildung 60 g, h und i gezeigte Balkenanzeige.

In den Versionen g und h von Abbildung 60 hat der Balken die Form eines liegenden Keils, das heißt der Balken ist kein Rechteck sondern wächst nach rechts hin – gemäß der inneren Kompatibilität (vergleiche Abschnitt „Primäre innere Kompatibilität“ in Kapitel 2.1.2.3) – in der Höhe an. Der Zeiger dieser Anzeige ist die ausgefüllte Fläche, die aufgrund der Keilform bei einer linear nach rechts verschobenen rechten Begrenzung im Gegensatz zum Rechtecksbalken überproportional – nämlich quadratisch – anwächst. Auch sind besonders in der Ausführung in Abbildung 60 h die diskreten Segmente deutlich erkennbar, welche die Frage aufwerfen, ob diese Anzeige nur flächenkodiert ist (Code_10 in Tabelle 20), oder ob die rechte Kante der Fläche aufgrund der deutlichen Segmentierung auch positionskodiert ist (Code_16).

Diese Frage wird noch wichtiger, wenn man an eine Variante dieser Anzeige denkt, in der nicht die überstrichene Fläche ausgefüllt ist, sondern nur das aktuelle, das in der vorherigen Variante die Fläche nach rechts begrenzende Segment. In diesem Fall hätte der Zeiger selbst eine Flächenkodierung zusätzlich zu seiner Positionskodierung, da er in der Keilform auch in der Höhe anwächst. Beide Kodierungen ergänzen sich also und kodieren dieselbe Information, was die Erfassung erleichtern, aber die Wahrnehmung eines linearen Zusammenhangs mit der angezeigten Größe stören könnte.⁴⁴

Der Verlust des linearen Zusammenhangs wirkt noch stärker beim ausgefüllten Keilbalken: Für sich genommen vollführen sowohl die Position der rechten Kante der ausgefüllten Fläche als auch die Höhe dieser Kante einen linearen Zuwachs. Wie gesagt nimmt dadurch die ausgefüllte Fläche selbst überproportional zu, im Gegensatz zur rechteckigen Balkenanzeige wie sie in Abbildung 60 i in Form dreier LED zu sehen ist. Beim rechteckigen Balken ist der Flächenzuwachs linear und damit präziser im Bezug auf die Analogie zur dargestellten Größe.⁴³ Daher ist zu emp-

40 Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 4. Juni und 6. November 2008

41 Gespräch mit Dr. Ramona Lermer, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 24. Juni 2008

42 Gespräch mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 23. Juni 2008

43 Gespräch mit Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 14. Juli 2008

44 Gespräch mit Dr. Ramona Lermer, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 8. August 2007

fehlen, zunächst auf jeden Fall den Keilbalken und den Rechtecksbalken als eigene Anzeigenelemente zu unterscheiden, und präzise abzulesende Werte eher mit einem rechteckigen Balken darzustellen, Werte mit eher qualitativem Charakter dagegen können durch die Darstellung mit einem Keilbalken besser interpretiert werden.⁴⁵ Vergleichbar intensive, aber rein theoretische Überlegungen werden zu allen Kodierungen und Anzeigetypen angestellt, so dass auf Basis der bisherigen Schritte der Anzeigen-Baukasten aufgestellt werden kann.

6.5.1 Elemente des Anzeigen-Baukastens

Der Anzeigen-Baukasten enthält 59 Anzeigen-Stereotypen, die komplett in Tabelle 41 im Anhang E auf Seite 274 aufgelistet sind. Einen beispielhaften Auszug zeigt hier die Tabelle 21. Die erste Spalte in beiden Tabellen identifiziert das Anzeigenelement durch einen weiteren, im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Identifikator nach dem bekannten Schema im Format „An_xxx“, bestehend aus den Buchstaben „An“ für „Anzeige“ und einer dreistelligen, laufenden Nummer. Eine Besonderheit dieses Identifikators ist die erste der drei Stellen der laufenden Nummer: Sie beschreibt den Sinneskanal, wobei die „0“ für optische Anzeigen steht, die „1“ für akustische und die „2“ für haptische Anzeigenelemente.

In der zweiten Spalte findet sich ein eindeutiger Name. Die Namensgebung folgt keinem speziellen Schema, oft ist eine Codebezeichnung Teil des Anzeigennamens. Die Elemente sind sich hier so unähnlich, dass es keine Stellvertreterteile gibt.

Die dritte Spalte gibt zumeist ein Beispiel einer häufigen Anwendung des entsprechenden Baukastenelements beziehungsweise einen alternativen Namen, unter dem man das Baukastenelement auch kennt. Die vierte und fünfte Spalte in Tabelle 21 enthalten die wichtigsten Merkmale jedes Anzeigenelements, nämlich den Sinneskanal, auf dem sie wirkt, und ihren primären Kode. Manche Anzeigenelemente besitzen auch einen sekundären oder gar tertiären Kode – beispielsweise hat eine Ampel (An_019) primär die Farbe (Code_03) als Kode, bei ihr spielt aber auch die Position (Code_15) der eingeschalteten Lampe eine Rolle. Ausschlaggebend ist aber der primäre Kode. Die weiteren Eigenschaften der Baukastenelemente werden im anschließenden Unterkapitel 6.5.2 behandelt.

Tabelle 21: Auszug aus den Elementen des Anzeigen-Baukastens

Identifizierung		Ordnung	Eigenschaften	
Lfd. Nr.	Anzeigenelement	alternative Namen bzw. Beispiele	Sinneskanal	Primärer Kode
An_002	Videobild	Farbbildschirm, Monochrombildschirm, Spiegel	optisch	Code_07
An_004	Fahrzeugschema von oben	Parkabstandspiepser	optisch	Code_07
An_009	Kartenansicht 2-D	Navigationssystem, Radar	optisch	Code_07
An_012	Balkenanzeige mit farbigen Bereichen	HiFi-Pegel, alte BMW Service-Intervallanzeige	optisch	Code_10
An_015	Rundanzeige	Tacho	optisch	Code_17
An_021	Textanzeige	Punktmatrix, Fallblattanzeige, Bildschirm,...	optisch	Code_05
An_022	Keilbalkenanzeige	Schwellbalken im Gebläsemodus	optisch	Code_10
An_025	Leuchtsymbol	Kammerleuchte, Telltale, Kontrollleuchte	optisch	Code_06
An_031	polystabiles Bedienelement Drehsteller	Knebelschalter, Drehschalter	optisch & haptisch	Code_17

⁴⁵ Gespräch mit Dr. Ramona Lermer, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 8. August 2007

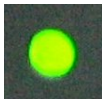
Identifizierung		Ordnung	Eigenschaften	
Lfd. Nr.	Anzeigenelement	alternative Namen bzw. Beispiele	Sinneskanal	Primärer Code
An_102	Klangzeichen dringender Warnton	Sirene, Hupe	akustisch	Code_24
An_103	Klangzeichen sanfter Warnton	Klingel, Doppelgong	akustisch	Code_24
An_106	Piepser intervallkodiert	Parkabstands piepser	akustisch	Code_28
An_201	Vibration frequenzkodiert	Mobiltelefon	haptisch	Code_35
An_206	Kraft (Force-Feedback) richtungskodiert	Lenkmoment	haptisch	Code_40

6.5.2 Eigenschaften der Baukastenelemente

Aufbauend auf den Analysekriterien für die realen Anzeige- und Bedienelemente in Kapitel 3.1 (vergleiche Tabelle 5) werden die Baukastenelemente ebenfalls mit Eigenschaften versehen. Dabei werden die schon bekannten Kriterien teilweise präzisiert und auch ergänzt, so dass alle systemergonomisch relevanten Merkmale beziehungsweise deren Ausprägung bei jedem einzelnen Baukastenelement bekannt sind. Im Wesentlichen sind das bei den Anzeigenelementen die auch schon im Kapitel 6.3 angekündigten Eigenschaften der Kodierungen.

In Tabelle 22 sind alle im Anzeigen-Baukasten erfassten Merkmale aufgelistet. Die erste und zweite Spalte benennen das erfasste Merkmal. Die dritte Spalte enthält wieder – wie schon die anderen Eigenschaftstabellen Tabelle 5, Tabelle 7 und Tabelle 10 – eine exakte Beschreibung des jeweiligen Merkmals.

Tabelle 22: Strukturierte Auflistung aller Merkmale der Anzeigen-Stereotypen des Baukastens

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
Identifizierung	Lfd. Nr.	Eindeutiger Identifikator, wie auf Seite 172 schon beschrieben, „An“ + laufende dreistellige Nummer, die erste Stelle bedeutet den Sinneskanal: 0 = optisch, 1 = akustisch, 2 = haptisch	An_028
	Anzeigenelement	Eindeutiger Name des Bedienelements, wie auf Seite 172 schon beschrieben	Kontrollleuchte monochrom
Ordnung	alternative Namen bzw. Beispiele	Beispielanwendung des Bedienelements oder – falls vorhanden – bekannte alternative Namen	Punktlichtquelle, Schauzeichen
Prinzipbild	Pfad Prinzipbild	Beispielhafte Abbildung, im Wesentlichen nur für die optischen Anzeigenelemente vorhanden und sinnvoll.	
	Prinzipbild		
Einordnung in die Anzeigen-Matrix	Schadensausmaß	Eignung des Anzeigenelements entsprechend der in Kapitel 6.2 festgelegten Anzeigenauslegung. Klassifizierung nach der Achse „Schadensausmaß bei Nichtreaktion“, angelehnt an ISO 16951, S. 5 f: <ul style="list-style-type: none"> – schwere oder tödliche Verletzungen – Größerer Sachschaden – Komforteinbuße, finanzieller Schaden – keine Auswirkung 	größerer Sachschaden

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Zeitbudget (Reaktionszeit bei Anzeigen, Aktionszeit bei Bedienelementen) = Dringlichkeit	Eignung des Anzeigenelements entsprechend der in Kapitel 6.2 festgelegten Anzeigenauslegung. Klassifizierung nach der Achse „Zeitbudget“, nach ISO 16951, S. 6: <ul style="list-style-type: none"> – Sofortige Reaktion (0-3s) – Schnelle Reaktion (3-10s) – Mögliche Reaktion (>10s) – keine Reaktion nötig (Information, unendliches Zeitbudget) 	mögliche Reaktion
Auslegung	Bewegungsart	Falls das Anzeigenelement eine Bewegung ausführt, kann die Bewegungsart unterschieden werden, sonst ist sie unspezifisch: <ul style="list-style-type: none"> – rotatorisch – translatorisch – unspezifisch 	unspezifisch
	Gestaltung	Verweis auf Gestaltungsrichtlinien speziell für das jeweilige Anzeigenelement, beispielsweise die Norm ISO 2575 für Symbole.	keine
Funktions-eignung aufgrund primärer Kodierung	digital (binär)	Eignet sich das Anzeigenelement für binäre Darstellung?	ja
	digital (alphanumerisch)	Eignet sich das Anzeigenelement für alphanumerische Darstellung?	nein
	analog	Eignet sich das Anzeigenelement für analoge Darstellung?	ja
	analog (Bereichsanzeige möglich), bildhaft	Eignet sich das Anzeigenelement für eine Bereichsanzeige bei grundsätzlich analoger oder bildhafter Darstellung?	nein
	analog (zweiter Zeiger möglich)	Ist ein zweiter Zeiger auf einer Analogskala möglich?	ja
	bildhaft	Eignet sich das Anzeigenelement für bildhafte Darstellung?	nein
	situationsanalog	Eignet sich das Anzeigenelement für situationsanaloge Darstellung?	nein
Kodierung	Sinneskanal	Der Sinneskanal, auf dem das Anzeigenelement wirkt.	optisch
	primäre Kodierung	Die Kodierung nach Tabelle 20 in Kapitel 6.3, bzw. Tabelle 40 in Anhang E auf Seite 272, die für das Anzeigenelement wesentlich ist.	optisch, Farbe, Helligkeit (Code_01)
	sekundäre Kodierung	Eine zusätzliche, durch das Anzeigenelement benutzte Kodierung nach Tabelle 20 bzw. Tabelle 40.	keine
	tertiäre Kodierung	Eine zusätzliche, durch das Anzeigenelement benutzte Kodierung nach Tabelle 20 bzw. Tabelle 40.	keine
Eigenschaften der primären Kodierung	physikalische Größe	Die physikalische Größe, die dem Prinzip der Kodierung zugrunde liegt.	Leuchtdichte, Lichtstrom, Beleuchtungsstärke
	digital	Ist die Kodierung zur digitalen Darstellung geeignet?	ja
	analog	Ist die Kodierung zur analogen Darstellung geeignet?	ja
	bildhaft	Ist die Kodierung zur bildhaften Darstellung geeignet?	nein
	situationsanalog	Ist die Kodierung zur situationsanalogen Darstellung geeignet?	nein
	absolute Skala möglich	Ist bei der Kodierung eine absolute Skala möglich?	ja
	relative Skala (zweiter Zeiger) möglich	Ist bei der Kodierung ein zweiter Zeiger möglich?	ja
	Bereichsanzeige möglich	Ist bei der Kodierung eine Bereichsanzeige möglich?	nein
	max. sinnvolle Stufen (praktisch)	Anzahl der Stufen, die vom Benutzer bei dieser Kodierung unterscheidbar sind – nach praktischer Erfahrung (Anzeigenelemente in realen Fahrzeugen)	3
	max. empfohlene Stufen (DIN EN 60073)	Anzahl der Stufen, die vom Benutzer bei dieser Kodierung unterscheidbar sind – Empfehlung nach DIN EN 60073	

Kategorie	Kriterium	Beschreibung	Beispiel
	Anzahl der Auswahlmöglichkeiten als Klasse	Anzahl der unterscheidbaren Stufen, klassifiziert entsprechend den Eigenschaften der Nutzerfunktion (siehe Tabelle 7 auf Seite 82). Einteilung in die folgenden Klassen: <ul style="list-style-type: none"> – Auslösen [1] – Ein- und Ausschalten, solange bedient (z.B. Hupe) [1] – Ein- und Ausschalten, dauerhaft (z.B. Licht) [2] – Betriebszustände wählen (z.B. Fensterheber) [2 – 5] – diskreten Wert einstellen (Stufen, z.B. Gebläse) [3 – 10] – analogen Wert einstellen (Kontinuum, z.B. Temperatur) [10 – ∞] – sehr viele (z.B. Menüs) [10 – 100] 	Betriebszustände wählen (z.B. Fensterheber) [2 - 5]
	Code der "Aus"-Stufe	Beschreibung der in dieser Kodierung deutlichen Darstellung von „0“ oder „Aus“	dunkel = Helligkeit 0 = Lichtleistung 0
	schnelle Wahrnehmung, digital (ggü. "Aus"-Stufe)	Bewertung der Wahrnehmungsgeschwindigkeit einer binären Änderung	sehr gut
	schnelle Wahrnehmung, analog	Bewertung der Ablesegeschwindigkeit eines analogen Wertes	schlecht
	max. Wahrnehmungsauflösung	Theoretische Auflösung des menschlichen Sinneskanals, nach Hajos (Hajos 1993) und Müller-Limmroth (Mueller-Limmroth 1993).	1-10%
	Wahrnehmungs-Grenzwerte	Wahrnehmungsgrenzen und generelle Einschränkungen des menschlichen Sinneskanals, nach Hajos (Hajos 1993) und Müller-Limmroth (Mueller-Limmroth 1993).	3-30 cd/m ²
	Umweltbeeinträchtigungen	Relevante Umwelteinflüsse, die die Wahrnehmung auf dem entsprechenden Sinneskanal und damit der Kodierung beeinflussen.	Blendung, Umgebungshelligkeit
	wirksame Sinnestäuschungen	Bekannte Sinnestäuschungen auf dem Sinneskanal, die die Wahrnehmung der Kodierung beeinflussen.	Relativität von Helligkeit
	Krankheiten	Krankheiten, die die Wahrnehmung der Kodierung beeinflussen, und die im Gegensatz zu den Wahrnehmungsgrenzwerten vom Individuum abhängig und nicht permanent sind.	keine
	Anthropometrie	Wahrnehmungseinflüsse, die allein von körperlichen Maßen und Kräften abhängen und sich dadurch beispielsweise je nach Zielgruppe unterscheiden können.	keine
Eigenschaften der sekundären Kodierung	Falls vorhanden, analog zu den Eigenschaften der primären Kodierung.		nicht vorhanden
Eigenschaften der tertiären Kodierung	Falls vorhanden, analog zu den Eigenschaften der primären Kodierung.		nicht vorhanden

6.6 Übertragung der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements

Die in Kapitel 5.5.1 beschriebene Methode zum Fund des optimalen Bedienelements lässt sich prinzipiell auch für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement für jede Nutzerfunktion anwenden. Es gelten auch für die Anzeigenelemente dieselben Prämissen, die in Kapitel 5.5 festgestellt sind. Auch die Nutzerfunktionen und ihre Eigenschaften sind dieselben, es ist lediglich die Betrachtung der Eigenschaften der Anzeigenelemente und die dazugehörige Festlegung der Eigenschaftskonstellationen und Bedingungen notwendig.

Es sei hinzugefügt, dass nicht nur – wie bei den Bedienelementen – die Zusammenlegung mehrerer Nutzerfunktionen in einem Anzeigenelement kein Ergebnis der Methode ist, sondern

auch nicht die mehrfache Anzeige einer Information durch unterschiedliche Anzeigenelemente oder Kodierungen. Auch scheint die gesonderte Analyse der bei manchen Anzeigenelementen vorhandenen sekundären und tertiären Kodierung im Rahmen dieser Methode nicht sinnvoll, insbesondere, wenn deren Eigenschaften eventuell im Widerspruch stehen mit denen der ersten Kodierung. Ohnehin ist der primäre Kode der ausschlaggebende. Beispielsweise wäre es bei der Balkenanzeige mit farbigen Bereichen (An_012) nicht sinnvoll, dieselbe Information durch Balkenlänge und Farbe darzustellen, weil die Balkenlänge für eine analoge Größe geeignet ist, die Farbe aber nur bedingt. In diesem Beispiel sollte die zweite Kodierung also besser für eine weitere Dimension beziehungsweise Information der Funktion benutzt werden. Für die hier benutzte Methode werden daher nur die Eigenschaften der ersten Kodierung eines Anzeigenelements betrachtet.

Bei der Untersuchung der Eigenschaften von Nutzerfunktionen (Tabelle 7 auf Seite 82) und Anzeigenelementen (Tabelle 22 auf Seite 173), fällt sofort auf, dass die Anzahl der verfügbaren Eigenschaften der Anzeigenelemente deutlich kleiner ist als bei den Bedienelementen. Die im Rahmen dieser Arbeit benutzte, graphische Gegenüberstellung befindet sich in Abbildung 88 auf Seite 276 im Anhang E. Ähnlich den Eigenschaftskonstellationen der Suche nach dem optimalen Bedienelement sind auch die Eigenschaftskonstellationen für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement in enger Zusammenarbeit mit Knoll⁴⁶ erstellt und abgestimmt worden. In Tabelle 23 ist beispielhaft eine der Bedingungen beschrieben. Der komplette Satz der hier verwandten Bedingungen ist in Tabelle 42 auf Seite 277 in Anhang E zu finden.

Tabelle 23: Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	translatorisch	UND		Gleiche Bewegungsart (Kompatibilität)
Bewegungsart (AN)	enthält	translatorisch			

Naturgemäß ist auch die Anzahl der Eigenschaftskonstellationen kleiner als bei den Bedienelementen, da einerseits die Zahl der zur Verfügung stehenden Eigenschaften bei den Anzeigenelementen geringer ist und sich andererseits weniger logische Zusammenhänge zwischen Funktionseigenschaften und Anzeigeneigenschaften systemergonomisch begründen lassen. Manche Eigenschaftskonstellationen unterscheiden sich nur im Operator: In diesen Fällen werden unterschiedliche Punkte für die Gleichheit und die systemergonomisch eventuell immer noch sinnvolle Ungleichheit der Zahlenwerte der entsprechenden Eigenschaften vergeben.

Die vergebenen Punkte und die Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen zeigt Tabelle 24 am Beispiel aus Tabelle 23. Wie schon die Punkte und Gewichte bei den Bedienelementen in Kapitel 5.5.4 werden auch diese Punkte und Gewichte sorgfältig in einem Expertengespräch mit Knoll⁴⁶ herausgearbeitet, wobei die im Kapitel 5.5.4 festgestellten Prämissen und Ziele sowie die Besprechung der Gewichtungsabstufung natürlich ihre Gültigkeit behalten. Die Gewichtung aller Bedingungen sind in Tabelle 43 auf Seite 279 in Anhang E aufgelistet.

⁴⁶ Gespräch mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 5. August 2009

Tabelle 24: Beispiel-Bedingung für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	translatorisch	UND		1	2	2
Bewegungsart (AN)	enthält	translatorisch					

Damit sind die Parameter zur Anpassung der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements auf die Anzeigenelemente festgelegt. Auch diese Auswertung wird maschinell durchgeführt: Alle Paarungen der im Abschnitt „Auswahl der analysierten Funktionen“ in Kapitel 4.2 beschriebenen ca. 300 Nutzerfunktionen und der 59 Anzeigenelemente des Baukastens werden mit dieser Methode bewertet. Das Ergebnis wird im anschließenden Kapitel besprochen.

6.7 Ergebnisse: Optimales Anzeigenelement

Auch in diesem Fall ist das Ergebnis der Auswertung eine Matrix, welche die 59 Anzeigenelemente des Baukastens den ca. 300 Nutzerfunktionen gegenüberstellt. Die Matrixfelder enthalten die Punktesummen jeder Paarung aus Nutzerfunktion und Anzeigenelement, ähnlich der Ergebnismatrix, wie sie in Kapitel 5.6 beschrieben ist.

Das berechnete Ergebnis ist im Falle der Anzeigenelemente leider systemergonomisch größtenteils unsinnig. Einzig bei den Warnanzeigen in der Funktionsliste werden einigermaßen sinnvolle Anzeigenelemente ausgewählt, weil hier die sehr hoch gewichtete Bewertung der in Kapitel 6.2 beschriebenen Kriterien „Zeitbudget für Reaktion“ und „Schadensausmaß bei Nichtreaktion“ greifen. Da die Bewertung der Anzeigenelemente im Bezug auf diese beiden Merkmale aber bereits auf Expertenmeinungen beruhen und nur diese zwei Merkmale aufgrund ihrer Gewichtung den Ausschlag geben, entsteht hier keine neue Erkenntnis.

Andererseits zeigt das Ergebnis der Warnanzeigen, dass die Methode grundsätzlich auf die Anzeigenelemente anwendbar wäre und bei den übrigen Funktionen, bei denen zur Berechnung des optimalen Anzeigenelements die anderen bewerteten Merkmale mehr ins Gewicht fallen, offenbar eben diese Merkmale in die Irre führen. Obwohl also Eigenschaftskonstellationen und Gewichte in enger Zusammenarbeit mit einem Ergonomie-Experten⁴⁷ ausgewählt sind, eignen sie sich offenbar – und auch gemäß der Voraussage desselben Experten – nicht dazu, das optimale Anzeigenelement auszuwählen.

Der Grund dafür sind die schon im vorangegangenen Unterkapitel 6.6 erwähnten Tatsachen: Bei den Anzeigenelementen sind weniger bewertbare Eigenschaften vorhanden und zusätzlich gibt es weniger systemergonomisch sinnvolle Konstellationen mit Eigenschaften der Nutzerfunktionen. Obwohl also die einzelnen Eigenschaftskonstellationen für sich genommen richtig sind, ist aufgrund ihrer geringen Zahl und der im Vergleich zu den Bedienelementen generell höheren Varianz der Eigenschaften der Anzeigenelemente nicht davon auszugehen, dass Optimierungsmaßnahmen wie beispielsweise eine Überarbeitung der Gewichte das Ergebnis der Methode deutlich verbessern. Die Anzeigenelemente entziehen sich also aufgrund ihrer bereits in der Einleitung dieses Kapitels angesprochenen Vielfalt einer rein mathematischen Bewertung.

⁴⁷ Gespräch mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 5. August 2009

Umso wichtiger wäre daher bei den Anzeigenelementen die Betrachtung der auch bei den Bedienelementen essentiellen Gewohnheit. Es hat sich aber auch hier – wie bereits in Kapitel 6.4 besprochen – herausgestellt, dass eine rein statistische Analyse der Anzeigenelemente nicht zum Ziel führt. Es ergeben sich dort zwei Konstanten, nämlich erstens die häufig zusammen mit Tastern auftretenden Kontrollleuchten (An_028), manchmal mit Farbcode (An_029) oder sogar als Leuchtsymbol (An_025, mit Farbcode An_026), und zweitens die in allen untersuchten Fahrzeugen als Anzeige der Fahrgeschwindigkeit vorhandene Rundanzeige (An_015) – nur eines der Fahrzeuge hat auch eine digitale Geschwindigkeitsanzeige (An_020) im HeadUp Display, allerdings zusätzlich zur Rundanzeige.

Statusanzeige von Funktionen

Aufgrund der Gewohnheit kann daher empfohlen werden, Nutzerfunktionen mit zwei Schaltstufen – ein und aus – mit Kontrollleuchten zur Statusanzeige auszustatten. Bei Funktionen, die über eine Taste bedient werden und dadurch bereits durch die Beschriftung auf der Taste symbolisiert werden, ist eine formlose Kontrollleuchte zusätzlich zur Beschriftung oder zum Symbol auf der Taste einer Nutzung der Beschriftung selbst in zwei Helligkeitsstufen vorzuziehen. In der Regel ist die Tastenbeschriftung zur besseren Auffindbarkeit bereits mit einer Suchbeleuchtung versehen, welche in ihrer Helligkeit auf die Umgebungshelligkeit abgestimmt ist. Die Überlagerung dieser Beleuchtung mit einer Funktionsbeleuchtung in Form einer Helligkeits- (Code_01) oder Farbänderung (Code_03) muss zu Interferenz führen, weil nur einer der zwei sich notwendigerweise deutlich genug unterscheidenden Helligkeits- oder Farbwerte der für die aktuelle Umgebungshelligkeit optimale sein kann. Ist die Nähe der Kontrollleuchte zur Beschriftung auf der Taste nicht möglich, weil zum Beispiel eine Anzeige an einem anderen als dem Bedienort notwendig ist, sollte wiederum ein Leuchtsymbol benutzt werden, welches losgelöst vom Bedienelement leichter zu interpretieren ist, als ein – bei Nacht zum Auffinden ständig suchbeleuchtetes – Symbol mit einer Kontrollleuchte daneben.

Die Reichweite dieser Empfehlung endet sehr schnell, nämlich bei der Festlegung, ob alle Nutzerfunktionen mit zwei oder auch mehr Schaltstufen eine Kontrollleuchte haben sollten, oder ob auf diese Statusanzeige verzichtet werden kann, wenn der Zustand der Funktion sich auch anders äußert. Beispielsweise wird bei keinem der untersuchten Fahrzeuge ein eingeschalteter Scheibenwischer mit einer Kontrollleuchte angezeigt – die Tätigkeit des Wischers direkt vor den Augen des Fahrers wird offenbar als ausreichend angenommen. Ist allerdings die Wischerautomatik eingeschaltet, dann signalisieren einige Hersteller dies mit einer Kontrollleuchte, besonders dann, wenn der Scheibenwischerhebel selbst dies nicht durch seine Stellung anzeigt. Unter welchen Umständen der Schaltzustand einer Nutzerfunktion als offensichtlich angesehen werden kann, ist hier nicht festzulegen.

Geschwindigkeitsanzeige

Die zweite aus der Analyse realer Fahrzeuge und damit aus der Gewohnheit abzuleitende Empfehlung wäre, zur Geschwindigkeitsanzeige immer ein Rundinstrument zu verwenden. Gerade in diesem Punkt stimmt die systemergonomische Überlegung nicht vollständig mit der Gewohnheit überein: Zwar gibt es klare Erkenntnisse darüber, für welche Funktions- und Aufgabentypen Analog- oder Digital-Anzeigen benutzt werden sollen – wie in Tabelle 25 zu lesen – allerdings ist nicht ganz eindeutig, zu welchem Aufgabentyp die Geschwindigkeitsanzeige im Kraftfahrzeug gehört (Bubb 2007, S. 257).

Die Geschwindigkeitsanzeige lässt sich in der Tat unterschiedlich charakterisieren: Zum Einen ist für den Vergleich mit der aktuell gültigen Geschwindigkeitsbeschränkung eine präzise Ableseung der Zahl notwendig, was für eine digitale Anzeige spräche – zum anderen ist besonders bei dynamischer Fahrweise eine schnelle Erkennung von Geschwindigkeitsänderungen beziehungsweise deren Größenordnung sowie die schnelle Erfassung der absoluten Geschwindigkeitsgrößenordnung wichtig, was eine analoge Anzeige verlangte. Insbesondere die Relevanz der schnellen Änderung, die beispielsweise bei der Anzeige der Drehzahl unumstritten gegeben ist, wird bei der Geschwindigkeitsanzeige teilweise angezweifelt, da diese Änderung vom Fahrer sehr viel direkter durch seine kinästhetische Wahrnehmung der Beschleunigung und seine optische Wahrnehmung der Außenwelt festgestellt werden kann als durch die Anzeige (Bubb 2007, S. 257).

Tabelle 25: Anwendungsbereiche für Analog- und Digital-Anzeigen nach Baker und Grether, zitiert nach Bernotat 1993, S. 564

Anwendung	Digital-Anzeiger	Analog-Anzeiger	
		Bewegte Skala	Bewegter Zeiger
Quantitative Ablesung	Gut Ablesezeit und -fehler für das Erfassen numerischer Werte minimal.	Mäßig	Mäßig
Qualitative Ablesung	Ungünstig Zahlen müssen abgelesen werden. Positionsänderungen werden schlecht bemerkt.	Ungünstig Richtung und Größe der Abweichung sind ohne Ablesung der Skalenwerte schwierig zu beurteilen.	Gut Zeigerstellung leicht erkennbar. Skalenwerte müssen nicht abgelesen werden. Positionsänderungen werden schnell bemerkt.
Einstellen von Werten	Gut Genaue Überwachung der numerischen Einstellung. Die Beziehung zur Bewegung des Bedienelements ist weniger direkt als beim bewegten Zeiger. Schwer ablesbar bei schnellen Einstellungen.	Mäßig Missverständliche Beziehung zur Bewegung des Bedienelementes. Keine Veränderung der Zeigerstellung als Überwachungshilfe. Schwer ablesbar bei schnellen Einstellungen.	Gut Eindeutige Beziehung zwischen der Bewegung von Zeiger und Bedienelement. Die Änderung der Zeigerstellung erleichtert die Überwachung. Schnelle Einstellung möglich.
Regeln [dynamisch]	Ungünstig Für Überwachungsaufgaben fehlen Stellungsänderungen. Schwer verständliche Beziehung zur Bewegung des Bedienelementes. Bei schnellen Änderungen schwer ablesbar.	Mäßig Für Überwachungsaufgaben fehlen auffällige Stellungsänderungen. Bedingt verständliche Beziehung zur Bewegung des Bedienelementes. Bei schnellen Änderungen schwer ablesbar.	Gut Die Zeigerstellung ist leicht zu überwachen und zu regeln. Leicht verständliche Beziehung zur Bewegung des Bedienelementes.

Die gewohnte Darstellung der Fahrzeuggeschwindigkeit in einem Rundinstrument hat historische Gründe: Die ursprünglichen, fliehkraftgesteuerten Geschwindigkeitsmesser und die darauf folgenden Wirbelstromtachometer besaßen jeweils eine physische Verbindung zur Abtriebswelle des Fahrzeugs und waren somit prädestiniert für die Übersetzung der Information auf die Zeigerwelle eines Rundinstruments. In Abbildung 61 a sieht man drei historische Tachometer, fotografiert im Verkehrszentrum des Deutschen Museums in München.

In Abbildung 61 sieht man das "[...] aus ergonomischer Sicht keineswegs negativ zu beurteilende Bandtachometer [...]" (Bubb 2007, S. 254) der Citroën DS von 1955 (Abbildung 61 b) und des BMW Bracq Turbo Prototypen von 1972 (Abbildung 61 c). Die Benutzung einer Linearanzeige (An_013) als Geschwindigkeitsanzeige ist allerdings eine Erscheinung der 1950er und 1960er Jahre. „Dass später das Bandtachometer wieder verschwand, obwohl in der ergonomischen Fachliteratur zwischen Längsfeldskalen und Rundskalen weder Unterschiede in der Ablesegeschwindigkeit noch in der Fehlerzahl zu verzeichnen sind [...], ist ein deutliches Zeichen dafür,

wie sehr in das Design der Gefallensaspekt ohne Rücksicht auf wissenschaftliche Erkenntnisse eingeht [...]“ (Bubb 2007, S. 254)

Auch der schon in Abbildung 53 auf Seite 154 vorgestellte und sekundär inkompatible Lupentacho als Vertreter der zeigerfesten Analoganzeige ist inzwischen wieder aus den Fahrzeugen verschwunden, wobei die Gründe hierfür ebenfalls eher ästhetischer Natur sein dürften als systemergonomischer. Diese Rückkehr zur Rundskala in ihren unterschiedlichen Ausprägungen und Gestaltungen ist auch in Abbildung 61 in der unteren Bildzeile zu sehen: Links der BMW 5er von 1981 (Abbildung 61 d), in der Mitte der BMW 7er von 2001 (Abbildung 61 e) und rechts der BMW 5er von 2003 (Abbildung 61 f). Es sei hinzugefügt, dass von den drei genannten allein der BMW 7er von 2001 (Abbildung 61 e) die grundlegende Forderung erfüllt, dass der Zeiger die Ziffern der Skala nicht verdeckt, was, sofern der Zeiger die Skalenstriche erreicht, zwangsläufig bedeutet, dass die Ziffern außerhalb der Rundskala liegen (Assmann & Künzner 2007, zitiert nach Bubb 2007, S. 258).

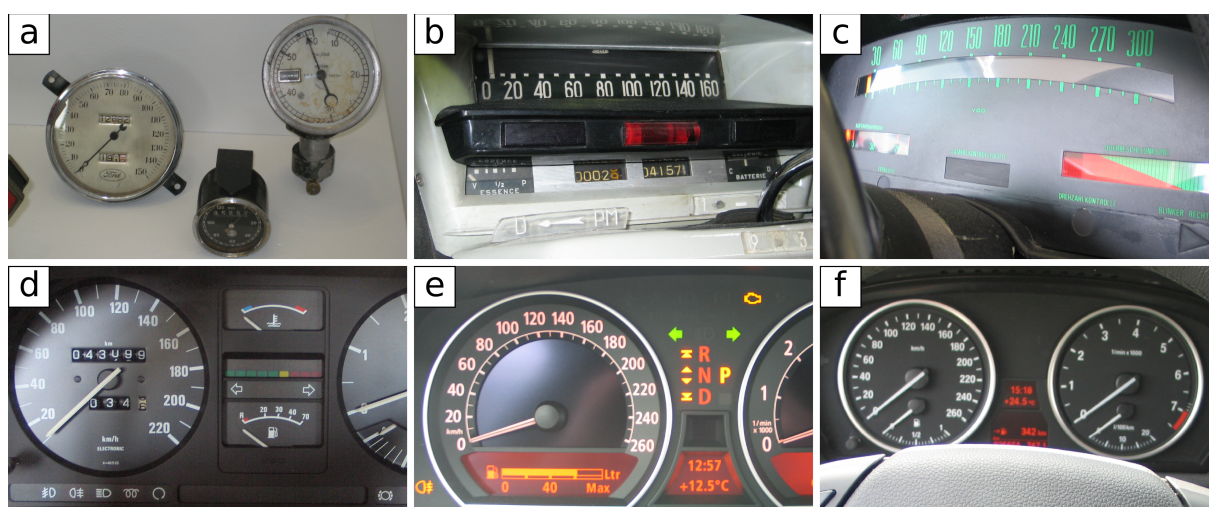


Abbildung 61: Tachometer in verschiedenen Fahrzeugen:
a: historische Tachometer, b - f: Tachometer der Citroën DS von 1955, des BMW Bracq Turbo von 1972, des BMW 5er von 1981, des BMW 7er von 2001 und des BMW 5er von 2003

Die Rundanzeige als Geschwindigkeitsanzeige tritt also überdurchschnittlich häufig in Kraftfahrzeugen auf, wenn auch nicht aus systemergonomischen Gründen, sondern wegen der Ästhetik und der „Wertigkeit“ (Bubb 2007, S. 258). Natürlich spielt auch die Fähigkeit der Rundskala, mehr Skalenlänge auf weniger Fläche unterzubringen, angesichts der noch immer steigenden Höchstgeschwindigkeiten moderner Kraftfahrzeuge eine Rolle. Dennoch gibt es einige Hersteller, die statt des Analoginstruments die unter dem Aspekt der Präzision auch systemergonomisch geforderte, digitale Ziffernanzeige einsetzen, beispielsweise mehrere französische Hersteller und Ferrari.

Eine Möglichkeit, den Grund für die Präzision beim Ablesen, nämlich den Vergleich der Zahlwerte von aktueller Fahrzeuggeschwindigkeit und gültiger Geschwindigkeitsbeschränkung durch den Fahrer, zu schwächen, wäre es, dem Fahrer die Aufgabe des Vergleichs mit einer integrativen Anzeige abzunehmen (Ruehmann 1993 a, S. 424). Die interessante Information für den Fahrer ist, ob das Limit überschritten ist und wenn nicht, wie viel schneller er noch fahren kann, ohne es zu überschreiten. Der Absolutwert der Geschwindigkeitsbeschränkung ist eigentlich nachrangig.

Mithilfe der bereits in Kapitel 6.1.4 behandelten, integrativen Anzeige, insbesondere dem beispielhaften Tachometer in Abbildung 55 auf Seite 157 können, sofern die gültige Geschwindigkeitsbeschränkung dem Fahrzeug überhaupt bekannt ist, beide Informationen auf derselben Skala dargestellt werden, was dann auf jeden Fall eine analoge Anzeige bedingt.⁴⁸ Der Fahrer muss hier aber nicht mehr unbedingt die Zahlen ablesen und die Differenz im Kopf ausrechnen, sondern kann diese Differenz direkt erfassen. Diese integrierte Geschwindigkeitsanzeige kann also als die Empfohlene für die Nutzerfunktion Geschwindigkeitsanzeige gelten, die Bekanntheit der Geschwindigkeitsbeschränkung – wie gesagt – vorausgesetzt.

Allgemeine Empfehlungen

Ganz allgemein gelten vor allem die Empfehlungen in Tabelle 25. Hinzugefügt sei, dass sich Ziffernanzeigen (Code_020) vor allem dann anbieten, wenn der Benutzer eine Vorstellung vom zugrunde liegenden Zahlensystem und den Größenordnungen dieser Zahlen hat. Ein Beispiel hierfür ist die Kraftstoffvorratsanzeige im Kraftfahrzeug. Sie wird am Häufigsten als Analoginstrument in der Einheit Liter dargestellt. Zwar haben die meisten Autofahrer eine Vorstellung vom Volumen eines Liters, was aber die Angabe von beispielsweise 31 Litern Kraftstoff für die tatsächliche Reichweite des Fahrzeugs bedeutet, ist nicht offensichtlich. Nur durch viel Erfahrung mit dem eigenen Wagen oder aber durch tatsächliche Berechnung der Reichweite aus Kraftstoffvorrat und Durchschnittsverbrauch erhält der Fahrer die eigentlich interessante Information, die Reichweite.

Aus diesem Grund bieten viele Fahrzeuge die Information der Reichweite zusätzlich zum Kraftstoffvorrat an, und zwar in Kilometern. Die Einheit Kilometer ist den meisten Autofahrern eine geläufige Größe, so dass hier auch die Angabe eines Zahlwertes durchaus sinnvoll ist.⁴⁸ Dieser Aspekt wird noch interessanter bei den immer mehr in den Fokus rückenden Elektro-Fahrzeugen, deren Energievorrat in der Einheit Kilowattstunde vorliegt. Mit dieser Einheit sind die wenigsten Fahrer vertraut, daher ist hier die Umrechnung in Reichweite und Kilometer noch wichtiger.

Bei der Entscheidung für digitale Anzeigen sollte ins Kalkül gezogen werden, dass je nach Auslegung schnelle Wertänderungen die Mechanismen der Aufmerksamkeitserregung, wie sie in Kapitel 6.2.3 beschrieben sind, adaptieren können und ungewollte Aufmerksamkeitslenkung mit sich bringen.⁴⁸ Für sich schnell ändernde Werte wird eine digitale Anzeige aber ohnehin nicht empfohlen (siehe Tabelle 25).

Zu den situationsanalogen Anzeigen sei noch bemerkt, dass sie zwar ohnehin nur für Informationen über die Außenwelt, insbesondere räumliche Informationen geeignet sind, deswegen aber nicht unbedingt das Optimum für die Darstellung dieser Informationen sein müssen.⁴⁸ Besonders in Fällen, bei denen durch Perspektive oder weite Blickwinkel, aber auch durch die in der Natur der situationsanalogen Anzeige liegende Informationsflut wichtige Informationen untergehen können, ist eine entsprechend andere Darstellung für den Benutzer zu wählen. Besonders durch die geschickte Auslegung einer bildhaften Anzeige, die abstrakt genug ist, um die komplexe Wirklichkeit aufs Wesentliche zu vereinfachen, und gleichzeitig wirklichkeitstreu genug, um die Anwendung angeborener oder hoch geübter Mechanismen der Umgebungswahrnehmung bei der Interpretation zu erlauben, kann die Mensch-Maschine-Interaktion im Vergleich mit einer rein digitalen oder situationsanalogen Anzeige stark vereinfacht werden.

⁴⁸ Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 7. August 2009

Nach der theoretischen Diskussion der Anzeigenelemente und der besonderen Betrachtung von Warnungen und Assistenzsystemen, sowie der Analyse realer Anzeigenelemente in Kraftfahrzeugen ist der Baukasten um die Informationskodierungen und die Anzeigenelemente erweitert worden. Es steht dadurch im Baukasten für Bedienelemente auch ein Katalog der Anzeigenelementstereotypen zur Verfügung, sowie deren Eigenschaften und Empfehlungen für ihren Einsatz. Die für die Bedienelemente entwickelte Methode zum Fund des optimalen Bedienelements wird für die Anzeigenelemente angepasst und ausgeführt, allerdings ohne das belastbare Ergebnis, das sie für die Bedienelemente erbracht hat. Die Gründe hierfür sind bekannt und diskutiert.

7 Bedien- und Anzeigeorte

Nachdem im Kapitel 5 bereits zwei der drei zentralen, in der Einleitung aufgeworfenen Fragen an den Baukasten für Bedienelemente beantwortet werden, soll sich dieses Kapitel mit der verbleibenden Frage beschäftigen – der Frage nach dem Bedienort. Aufbauend darauf wird ähnlich dem vorangegangenen Kapitel auch der Anzeigeort betrachtet, da sich diese Arbeit aber im Grunde mit den Bedienelementen befasst, wird die Diskussion der geeigneten Orte im Fahrzeugcockpit zunächst mit Blick auf die Bedienung geführt.

Der Bedienort hat im Mensch-Maschine-System zwei Aspekte: Zum einen muss ein Bedienelement vom Benutzer erreichbar und mechanisch bedienbar sein. Das heißt, es muss im Falle des Kraftfahrzeugs vom Fahrer in seiner Grundhaltung sichtbar sein – abgesehen von Pedalen und wenigen anderen Ausnahmen, es muss mindestens mit ausgestrecktem Arm – bei Pedalen mit dem Fuß – erreicht werden können und es muss auch in der zum Erreichen notwendigen Körperhaltung mit den dann vom Fahrer aufbringbaren Kräften bewegbar sein. Zum Anderen ist es gerade bei einer hohen Funktionsdichte auf engem Raum wichtig, die Bedien- und Anzeigenelemente so anzuordnen und zu gestalten, dass der Fahrer sie in jeder Situation finden und als die Elemente der gerade von ihm gesuchten Nutzerfunktion identifizieren kann.

Der erste Aspekt fällt in das Forschungsfeld der Anthropometrie. Diese befasst sich mit den Maßen und Kräften des menschlichen Körpers und berücksichtigt dabei insbesondere die hohe Varianz dieser Größen, beispielsweise zwischen einer japanischen Frau und einem nordamerikanischen Mann. Wie schon zu Beginn festgelegt, soll sie hier nicht im Fokus stehen. Der zweite Aspekt ist Gegenstand dieser Arbeit, wobei der Teil der Identifizierung eher vom Bedienelement selbst abhängt und bereits in Kapitel 5.4 abgehandelt wird. Der hier betrachtete Bedienort hat also als Kriterium seiner Güte die Auffindbarkeit der Nutzerfunktion, welche hier zunächst losgelöst von allen anderen Aspekten betrachtet werden soll. Die Integration zum Gesamtergebnis folgt in Kapitel 8.

Beim Bedienort wird zu Beginn unterschieden zwischen dem absoluten Ort einer Nutzerfunktion, also der tatsächlichen Platzierung der Anzeigen- und Bedienelemente dieser Funktion im Fahrzeugcockpit, und dem relativen Ort, also der Gruppierung oder bewussten Trennung einer Nutzerfunktion mit beziehungsweise von anderen Nutzerfunktionen. Da es zum Objekt Bedien-

ort keine tiefgreifende Theorie gibt, geht der Behandlung dieser beiden Punkte lediglich die Klassifikation der möglichen Bedienorte im Fahrzeugcockpit voraus.

Insbesondere dem relativen Ort kommt die Besonderheit zu, dass hier auch die Gruppierung von Nutzerfunktionen in einem Bildschirmsystem zu Untermenüs abgeleitet werden kann. Die nachfolgend beschriebene Methode zum Fund einer Gruppierung greift dabei teilweise auch auf die in Kapitel 4.3 vorgestellten Schemata zurück, die ja denselben Zweck haben. Für den absoluten Ort gilt die Übertragbarkeit in ein Bildschirmsystem jedoch nicht: An dieser Stelle kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob eine Funktion ein eigenes physisches Bedienelement erhalten oder in eine Menüstruktur eingesetzt werden sollte. Hierzu wäre eine gezielte Analyse auf Basis der eben genannten, dafür geeigneten Schemata zur Klassifikation von Nutzerfunktionen notwendig, die im Rahmen dieser Arbeit zu weit führte und auch nicht zur Zielsetzung gehört.

Im Anschluss an die Betrachtung von absolutem und relativem Bedienort werden die Ergebnisse diskutiert. Das siebte Kapitel endet mit einer Darstellung der erarbeiteten Bedien- und Anzeigeorte.

7.1 Klassifikation von Bedienorten

Wie schon in Kapitel 3.4 angekündigt, werden die dort verwandten Bedienortsklassen hier selbstverständlich aufgegriffen. Da sich diese Betrachtung auf die Nutzerfunktion konzentriert, die der Fahrer während der Fahrt bedient, werden zunächst für die nachfolgende Analyse diejenigen in Abbildung 20 auf Seite 75 zu erkennenden Bedienortsklassen nicht berücksichtigt, die vom Fahrersitz aus in der Regel nicht erreichbar sind, also der Kofferraum, die Passagiersitzplätze und der Schlüssel. Dafür werden die Ortsklassen im Cockpit etwas feiner aufgeteilt, da sich das Schema in Kapitel 3.4 als zwar ausreichend für die Analyse in Kapitel 3, aber für diese Betrachtung als etwas zu grob herausstellt.

Abbildung 62 zeigt die neuen Ortsklassen. Man erkennt deutlich im Vergleich mit Abbildung 20 die feinere Unterteilung im Bereich von Mittelkonsole und -tunnel, sowie auf dem und um das Lenkrad und im oberen Bereich der Türen. Die gelb markierten Flächen in Abbildung 62 sind deswegen herausgehoben, weil sie reine Anzeigeflächen sind. In ihnen können aufgrund der Erreichbarkeit nur Anzeige-, aber keine Bedienelemente platziert werden.

Ein Auszug der neuen Ortsklassen ist auch in Tabelle 26 aufgeführt. Die komplette Liste der Ortsklassen befindet sich in Tabelle 44 auf Seite 280 im Anhang F. Dabei wird der Ordnung halber auch für die Ortsklassen eine laufende Nummer eingeführt. Dieser Identifikator – enthalten in der ersten Spalte von Tabelle 26 – folgt angelehnt an das bereits vertraute Schema dem Format „Ort_xx“, bestehend aus dem Wort „Ort“ und einer zweistelligen, laufenden Nummer. Die zweite Spalte von Tabelle 26 enthält den Namen der Ortsklasse. Die Namen sind in der Regel zusammengesetzt aus der Benennung des Cockpitteils, dessen Oberfläche die Ortsklasse maßgeblich umfasst, gefolgt von Richtungsangaben, falls ein Cockpitteil mehrere Ortsklassen beherbergt.

Die Ortsklassen aus Kapitel 3.4, die außerhalb des Cockpits liegen, beispielsweise der gesamte Fond, werden an dieser Stelle bewusst weggelassen, weil die nachfolgend beschriebenen Methoden zur Klassifizierung der Ortsklassen alle unter der Prämisse stehen, dass der Fahrer die untersuchten Funktionen während der Fahrt bedient. Da es ihm unter regulären Bedingungen offensichtlich unmöglich ist, ein im Kofferraum oder an der hinteren, rechten Tür platziertes Bedienelement zu bedienen, können diese Ortsklassen hier außer Acht gelassen werden. Wie sich

später zeigen wird, gilt das im Grunde auch schon für die Ortsklassen im Beifahrerbereich, da sie aber zumindest direkt einsehbar sind, werden sie noch nicht ausgeschlossen.

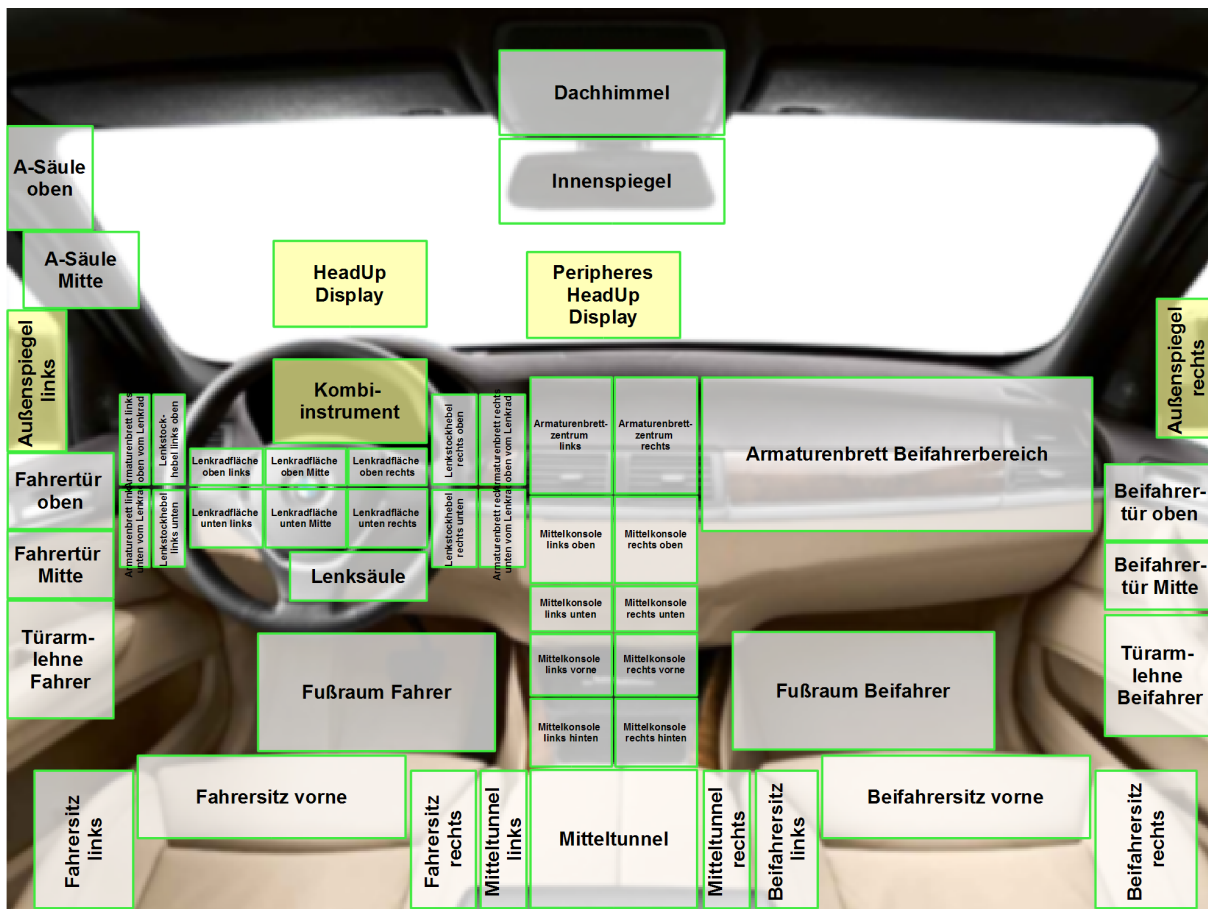


Abbildung 62: Ortsklassen im Fahrzeugcockpit

Tabelle 26: Auszug aus den Ortsklassen

Lfd. Nr.	Ortsklasse
Ort_01	Armaturenbrett Beifahrerbereich
Ort_02	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad
Ort_03	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad
Ort_04	Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad
Ort_05	Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad
...	
Ort_26	Lenkradfläche oben links
Ort_27	Lenkradfläche oben Mitte
Ort_28	Lenkradfläche oben rechts
Ort_29	Lenkradfläche unten links
Ort_30	Lenkradfläche unten Mitte
Ort_31	Lenkradfläche unten rechts
...	

Damit sind die Ortsklassen festgelegt. Sie werden nachfolgend auf ihre Eigenschaften und Eignung hin analysiert und bei der Feststellung des absoluten Bedien- und Anzeigeortes herangezogen. Im direkt anschließenden Unterkapitel wird zunächst der absolute Ort betrachtet, im darauffolgenden der relative Ort, das heißt die Gruppierung von Funktionen.

7.2 Methode zum Fund des optimalen absoluten Ortes

Ähnlich dem Vorgehen im Kapitel 5 wird hier zunächst eine Methode gesucht, mit der sich eine Aussage über die Güte einer Ortsklasse an sich und ihre Eignung für eine bestimmte Nutzerfunktion treffen lässt. Auf die statistische Erfassung der Bedienorte in realen Fahrzeugen muss hier nicht mehr eingegangen werden – sie wurde bereits in Kapitel 3 abgehandelt und ihre Ergebnisse werden weiter unten im Unterkapitel 7.4 in die tatsächlichen Ortsvorschläge einfließen.

Dasselbe gilt für die Ergebnisse der hier vorgestellten Methoden: Im anschließenden Abschnitt werden zunächst Vorüberlegungen angestellt, im darauf folgenden Abschnitt wird die Methode zur allgemeinen Bestimmung des Bedien- und des Anzeigeortes einer Nutzerfunktion beschrieben. Die Ergebnisse dieser Methoden werden erst weiter unten in den Unterkapiteln 7.4 und 7.5 zusammen mit den Ergebnissen aus der Betrachtung des relativen Bedienortes diskutiert.

7.2.1 Vorüberlegungen

Wie schon in der Einleitung dieses Kapitels angekündigt, baut die Methode zum Fund des optimalen absoluten Bedienortes auf den in Kapitel 4.3 vorgestellten Schemata auf, insbesondere der Klassifikation nach Wichtigkeit und Häufigkeit. Des Weiteren gelten auch hier die in Kapitel 5.5.1 angestellten Überlegungen und festgelegten Prämissen. Das bedeutet konkret, dass auch hier die Eignung eines Bedienortes für eine Nutzerfunktion vom Zusammenpassen bestimmter Eigenschaften des Ortes und bestimmter Eigenschaften der Nutzerfunktion abhängt.

Dabei fällt zunächst auf, dass im Gegensatz zu den vorangegangenen Betrachtungen der Bedien- und Anzeigenelemente die Ortsklassen bisher keine Eigenschaften besitzen. Aus diesem Grund müssen hier als Teil der Methodenentwicklung zuerst Merkmale für die Ortsklassen festgelegt und deren Ausprägungen bestimmt werden. Um hier zielgerichtet vorgehen zu können, werden zunächst Funktionseigenschaften ausgewählt, die für die Ortsklassenauswahl relevant sind. Im Gegensatz zu den Vorgehensweisen in den Kapiteln 5.5 und 6.6 werden hier also zunächst sinnvolle Eigenschaftskonstellationen gesucht, und erst danach die beteiligten Eigenschaften auf Seite der Ortsklassen festgestellt.

Die für die Auswahl eines Bedienortes am geeignetsten scheinenden Funktionseigenschaften sind die ursprünglich für die reine Klassifikation von Nutzerfunktionen gedachten Eigenschaften Wichtigkeit und Häufigkeit beziehungsweise – wie sie in Tabelle 7 auf Seite 82 heißen – „Zeitbudget für Zugriff“ und „Benutzungshäufigkeit“. Ausgehend von diesen beiden Merkmalen werden also dazu kompatible Eigenschaften der Ortsklassen gesucht.

Die Ortsklassen haben zunächst – abgesehen von ihrer räumlichen Ausdehnung – überhaupt keine Eigenschaften. Um nun zielgerichtet Eigenschaften festzulegen, die mit der Bediennhäufigkeit und der Wichtigkeit korrespondieren, müssen also zwei von der Raumanordnung abhängige und gleichzeitig systemergonomisch relevante Merkmale gefunden werden.

Handweg bei der Bedienung

Hier springt zunächst das schon im Kapitel 2.3.1.4 besprochene Gesetz von Fitts („Fitts's Law“) ins Gedächtnis, das besagt, dass eine Bedienung umso schneller ist, je größer die zu treffende Fläche ist und je kürzer der Bedienweg. Die zu treffende Fläche ist eine Frage des Bedienelements selbst, der zurückzulegende Weg jedoch ist in der Tat direkt abhängig von der Wahl des Bedienortes. Der hier betrachtete Weg ist jener Weg, den die bedienende Hand von ihrer Ruhelage aus zum Bedienort der Nutzerfunktion zurücklegen muss, wobei als Ruhelage der Hände hier die Lenkradspeichen angenommen werden. Geht man davon aus, dass der Fahrer mit beiden Händen am Lenkrad fährt, dann liegt also die linke Hand auf der linken waagrechten Lenkradspeiche auf (9-Uhr-Stellung) und die rechte Hand auf der rechten waagrechten Lenkradspeiche (3-Uhr-Stellung).

Der kürzest denkbare Weg ist selbstverständlich Null, das heißt Bedienhandlungen, bei denen die Hände in ihrer Ruhelage verbleiben und nur die Finger bewegt werden müssen, sind nach Fitts's Law sehr schnell. Erhöht man schrittweise den zurückzulegenden Weg, ergeben sich als Ortsmengen gleichen Handweges rein theoretisch Kreise – lässt man die durch Schulter- und Ellbogengelenk bedingte Bewegungsfreiheit der Hand außer Acht eigentlich Kugeln – um die Ruhelage der jeweiligen Hand. Diese werden allerdings durch die in Abbildung 63 schwer zu erkennenden Tiefenunterschiede des Instrumententrägers sowie durch Hindernisse im Handweg, vor allem den Lenkradkranz, verzerrt beziehungsweise verschmelzen bei größeren Handwegen zu gemeinsamen Ellipsen um beide Hände.

Es sei angemerkt, dass sich diese dreidimensionalen Flächen der Äquidistanz um jede Hand selbstverständlich mithilfe des Computer Aided Designs (CAD) sehr exakt und für jedes Fahrzeugmodell individuell bemessen und beschreiben ließen. Prinzipiell gilt das für alle nachfolgend vorgestellten Unterteilungen des Cockpits. Diese hohe Präzision ist aber im Angesicht der sehr groben Klassifikation der einzelnen Merkmale weder nötig noch sinnvoll. Wie schon mehrfach bemerkt, ist es hier nicht das Ziel, exakte anthropometrische Maße zu liefern, sondern einen groben, qualitativen, aber systemergonomisch fundierten Überblick zu erhalten.

In Abbildung 63 sind die Linien gleichen Handweges in die bereits bekannte Abbildung der Ortsklassen eingezeichnet. Hierbei werden insgesamt fünf Klassen gebildet – eine feinere Unterscheidung scheint hier nicht sinnvoll, da die in Frage kommenden Funktionseigenschaften Häufigkeit und Wichtigkeit ebenfalls nur diese Größenordnung von Klassen unterscheiden. Bei Geiger sind es jeweils exakt fünf (Geiger 1998, S. 57; siehe auch Kapitel 4.3.1), bei der Funktionsanalyse im Abschnitt „Kriterien“ in Kapitel 4.2 sind es in Anlehnung an die Norm (ISO 16951) vier für das Zugriffszeitbudget und effektiv sechs für die Benutzungshäufigkeit, daher ist auch hier eine wesentlich feinere Einteilung nicht gerechtfertigt.

Es drängt freilich die Frage, ob nun die Wichtigkeit oder die Häufigkeit auf die gerade festgelegte Ortseigenschaft des Handweges abgebildet werden sollte. Zieht man den Häufigkeitsbegriff aus Kapitel 4.2 heran und hält sich außerdem an den Wortlaut von Fitts's Law, dann scheint offensichtlich, dass Funktionen mit geringem Zeitbudget für den Zugriff unbedingt nahe an der Handruhelage platziert werden müssen. Betrachtet man aber den von Geiger gewählten Begriff der Wichtigkeit (Geiger 1998, S. 57), kann man auch zu der Überzeugung gelangen, dass die Schnelligkeit des Zugriffs nur dann allein von Fitts's Law abhängt, wenn der Ort der Funktionsbedienung und damit der Handweg schon bekannt sind. Dem Bedienen geht stets das Auffinden einer Funktion voraus.

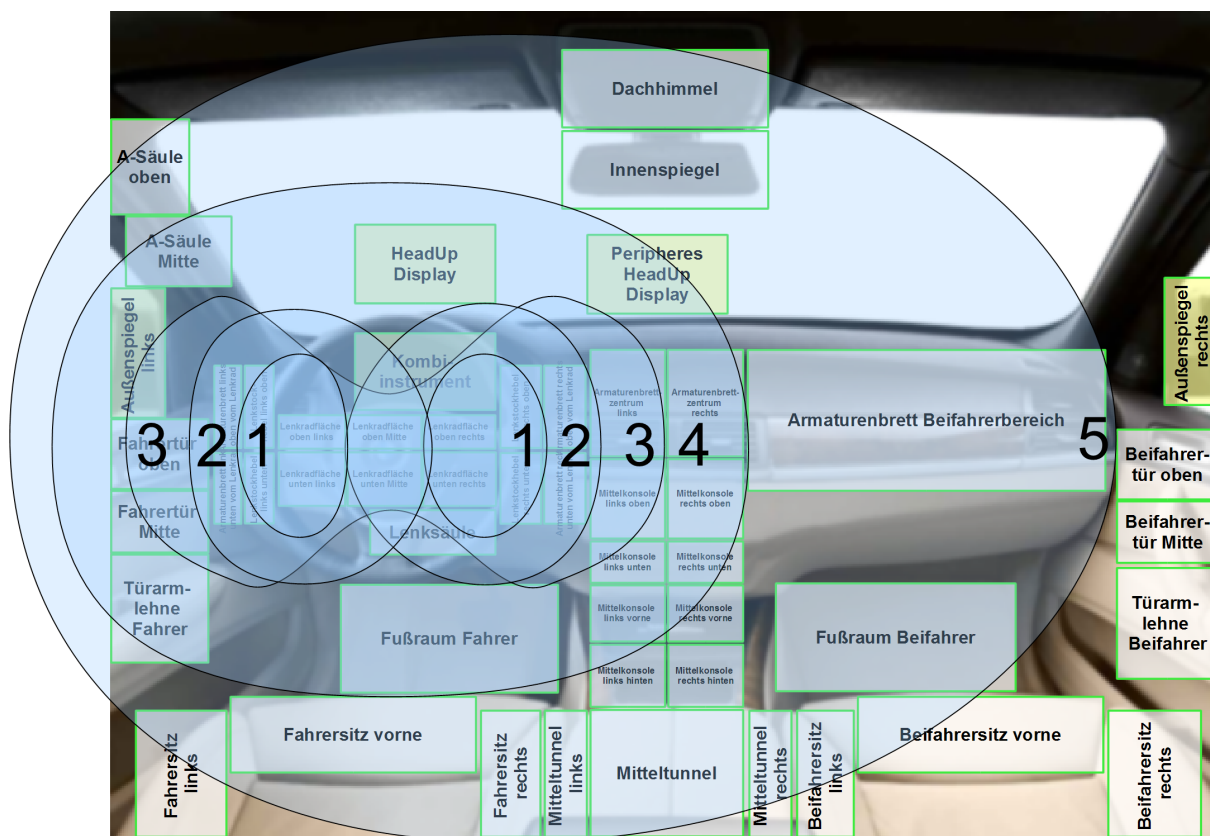


Abbildung 63: Bedienwege der Hände ausgehend von der Ruhelage am Lenkrad mit den Handwegklassen 1 bis 5

Entfernung zur Sichtachse des Fahrers

Das schnelle Auffinden des Bedienelements einer Funktion unterliegt unter Umständen anderen Kriterien als dem Handweg. Hier ist zwar auch die Größe – also das optische Hervorstechen – des Bedienelements von Bedeutung, unter dem Gesichtspunkt des Bedienortes ist aber die Nähe zur Sichtachse des Fahrers vermutlich wichtiger für das schnelle Auffinden. Dieser Ansatz hat zwei Aspekte: Zum Einen ist die Nähe zum Zentrum des Blickfelds des Fahrers ausschlaggebend für die schnelle Blickzuwendung, was besonders für Anzeigorte interessant sein könnte, zum anderen bedeutet die Nähe zum Blickfeldzentrum auch geringe Kopfneigungswinkel sowohl bei der Blickzuwendung bei Anzeigen als auch bei der Suche nach den Bedienelementen einer Funktion.

Die Ortsmengen gleicher Entfernung zum Zentrum des Fahrerblickfelds sind Kreise – eigentlich minimal elliptisch verzerrte Kegel. In Abbildung 64 sind diese Kreislinsen eingezeichnet. Hier ist die bekannte Abbildung der Ortsklassen außerdem überlagert mit einer virtuellen Cockpitan-sicht aus dem Blickfeld des Fahrers. Diese liefert das exakte, anthropometrisch richtige Zentrum des Fahrerblickfelds. Ausgehend von diesem Zentrum sind vier konzentrische Kreise zu sehen, die somit vier Klassen der Blick- beziehungsweise Kopfbewegung bilden.

der rechten Kante der Mittelkonsole begrenzt – darüber hinaus wäre die Nichtbeachtung der Kopfseitwärtsbewegung nicht zulässig.

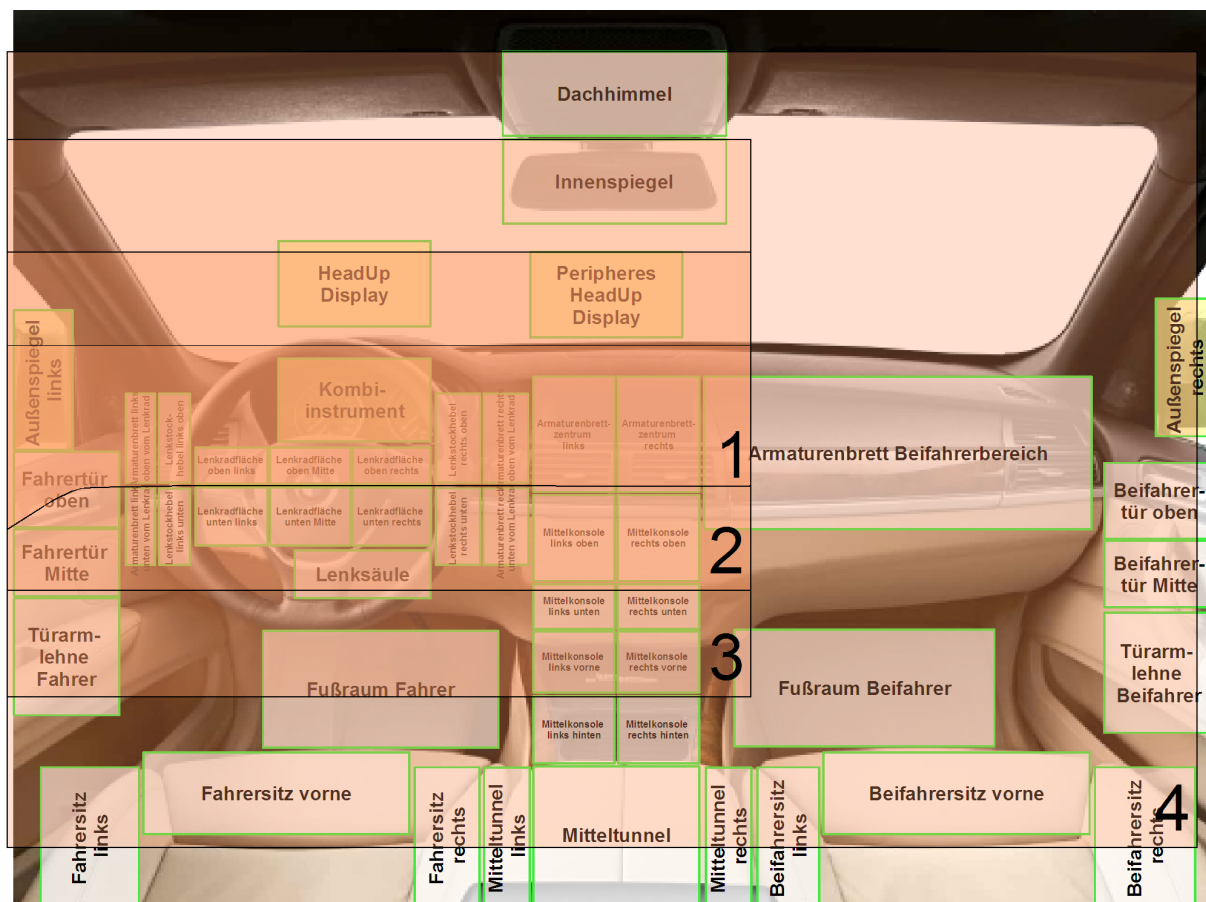


Abbildung 65: Kopfnickbewegung ausgehend von der Oberkante des Armaturenbretts mit den Kopfbewegungsklassen 1 bis 4

Zum Abschluss all dieser Überlegungen müssen nun die Eigenschaftskonstellationen festgelegt werden. Folgt man der oben genannten These, dass die schnelle Bedienung wichtiger Funktionen eher an der schnellen Auffindbarkeit als an einem kurzen Handweg hängt, weil ein kurzer Handweg nur zu einem schon bekannten Bedienort sinnvoll ist, dann ist die Eigenschaftskonstellation „Wichtigkeit“ beziehungsweise „Zeitbudget für Zugriff“ zu „Kopfnickbewegung“ offensichtlich.

Aufbauend auf diesem Gedanken ist die Konstellation „Bedienhäufigkeit“ zu „Handweg“ nicht nur die einzig übrige – wenn man Entfernung vom Blickfeldzentrum den Anzeigorten vorbehält – sondern auch sehr sinnvoll, da sich die Handwegoptimierung besonders bei häufig genutzten Nutzerfunktionen auszahlt. Auf diese Weise wird die Gesamthandstrecke während der Fahrt auf einem Minimum gehalten.

Die Zuordnung der Wichtigkeit zur Auffindbarkeit und der Häufigkeit zum Handweg wird in einer unveröffentlichten Studie, welche im Auftrag der BMW Group die Platzierung von Funktionen im Cockpit untersucht, belegt. In dieser Studie, die den Probanden die Aufgabe stellt, Funktionen in Form von kleinen Klebezetteln in einem leeren Cockpit an die für sie beste Stelle zu heften, nennen die Probanden auf Nachfrage als Kriterien für ihre Wahl fast einheitlich – neben der thematischen Gruppierung – die Wichtigkeit und die Nutzungshäufigkeit einer Funk-

Abbildung 65 und Abbildung 66) ersichtlichen Ausprägungen der beschriebenen Merkmale exemplarisch für einige Ortsklassen aufgeführt. Die Auflistung aller Ortsklasse inklusive ihrer Merkmale befindet sich in Tabelle 45 auf Seite 282 in Anhang F. Man erkennt an den Zahlenwerten, dass jeweils noch eine Klasse hinzugefügt ist für Ortsklassen, die unter dem jeweiligen Aspekt praktisch ausscheiden, beispielsweise die Fußräume, die im Merkmal Handbewegung eine Einstufung in die Klasse sechs erhalten.

Tabelle 27: Auszug aus den Eigenschaften der Ortsklassen

Lfd. Nr.	Ortsklasse	Handbewegung	Sichtachse	Kopfbewegung	Benutzer
Ort_01	Armaturenbrett Beifahrerbereich	5	4	4	Beifahrer
Ort_02	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad	2	2	1	Fahrer
Ort_03	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad	2	3	2	Fahrer
Ort_04	Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad	2	2	1	Fahrer
Ort_05	Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad	2	3	2	Fahrer
...					
Ort_21	Fußraum Beifahrer	6	5	5	Beifahrer
Ort_22	Fußraum Fahrer	6	5	5	Fahrer
Ort_23	HeadUp Display	6	1	5	Fahrer
Ort_24	Innenspiegel	5	3	3	beide
Ort_25	Kombiinstrument	6	2	5	Fahrer
Ort_26	Lenkradfläche oben links	1	2	1	Fahrer
Ort_27	Lenkradfläche oben Mitte	2	2	1	Fahrer
Ort_28	Lenkradfläche oben rechts	1	2	1	Fahrer
Ort_29	Lenkradfläche unten links	1	3	2	Fahrer
Ort_30	Lenkradfläche unten Mitte	2	3	2	Fahrer
Ort_31	Lenkradfläche unten rechts	1	3	2	Fahrer
...					

Die darauf aufsetzenden Eigenschaftskonstellationen für den Bedienort sind in Tabelle 28 aufgelistet, die für den Anzeigort in Tabelle 29. Fast alle Bedingungen sind mit dem Operator „kleiner oder gleich“ ausgeführt, denn ein unter dem jeweiligen Aspekt besserer Bedien- oder Anzeigort ist prinzipiell immer auch für die betrachtete Nutzerfunktion geeignet. Eine solche Abweichung nach oben wäre aus systemergonomischer Sicht für die einzelne Funktion nicht von Nachteil. Dennoch ist es natürlich das Ziel, bei der tatsächlichen Auswahl des Ortes die jeweils höchstens notwendige Klasse zu benutzen, da sich sonst der ebenso triviale wie unrealistische Zustand ergäbe, dass sich alle Nutzerfunktionen in der höchsten Klasse jedes Merkmals sammeln würden.

Tabelle 28: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienort

Merkmal	Operator	Wert
Benutzungshäufigkeit als Zahl (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)
Handbewegung (Ortsklasse)		
Zeitbudget für Zugriff als Zahl (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)
Kopfbewegung (Ortsklasse)		

Merkmal	Operator	Wert
Bedienende Person (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)
Benutzer (Ortsklasse)		

Dieselbe Unschärfe muss selbstverständlich bei der Benutzerklasse beachtet werden: Ortsklassen, die für Fahrer und Beifahrer zugänglich sind, können auch Bedienorte für Nutzerfunktionen sein, die jeweils nur vom Fahrer *oder* vom Beifahrer erreichbar sein müssen, und sind nicht ausschließlich Funktionen vorbehalten, die explizit von beiden erreicht werden müssen. Ein expliziter Ausschluss des Zugriffs durch den Beifahrer mittels Platzierung ist bei keiner Nutzerfunktion notwendig. Auch hier muss aber eine mögliche Überfüllung der in diesem Fall höchsten Klasse, nämlich aller Orte in der Mittelkonsole und dem Mitteltunnel, vermieden werden.

Tabelle 29: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigeort

Merkmal	Operator	Wert
Zeitbudget für Reaktion als Zahl (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)
Sichtachse (Ortsklasse)		

Die „kleiner oder gleich“-Bedingung ist dennoch sehr wichtig, weil bei genauer Betrachtung der Eigenschaften der Ortsklassen auffällt, dass nicht alle möglichen Eigenschaftskombinationen vertreten sind. Beispielsweise fehlt ein Bedienort, der für Fahrer und Beifahrer zugänglich ist und sowohl für den Handweg als auch für die Kopfnickbewegung die Klasse 2 erreicht. Vergleicht man diese Fälle mit den auf der Seite der Nutzerfunktionen tatsächlich auftretenden Eigenschaftskombinationen, bleiben acht Kombinationen übrig, für die keine Ortsklasse gefunden werden kann. In diesen Fällen muss konkret entschieden werden, mit welcher Maßnahme dennoch eine Ortsklasse zugeordnet werden kann. Tabelle 30 zeigt diese Maßnahmen für die acht tatsächlichen Konfliktfälle. Die Beschreibung der Eigenschaftskombinationen in der ersten Spalte von Tabelle 30 folgt dem Schema: Kopfbewegungsklasse-Handwegklasse-Benutzerklasse.

Tabelle 30: Eigenschaftskombination ohne passende Ortsklassen und Maßnahmen zur Abhilfe

Eigenschaftskombinationen	Vorkommen bei Funktionen	Maßnahme
1-5-Fahrer	2	Hochstufen auf 1-4-Fahrer
2-2-beide	29	Redundante Auslegung sinnvoll, sonst Herabstufung auf 2-3-beide
2-5-beide	9	Hochstufen auf 2-4-beide
2-5-Fahrer	4	Hochstufen auf 2-4-Fahrer
3-2-beide	15	Hochstufen auf 2-2-beide und Behandlung wie dort
3-3-beide	6	Hochstufen auf 2-3-beide
3-3-Fahrer	7	Hochstufen auf 2-3-Fahrer
4-3-beide	4	Hochstufen auf 2-3-beide

Ein Beispiel für die Eigenschaftskombinationen 1-5-Fahrer (erster Fall in Tabelle 30) ist die Motor-Start-Stop-Automatik. Die Funktion dient dazu, diese Automatik auszuschalten, also zu übersteuern, wenn sie falsch agiert. Bei einer einigermaßen ausgereiften Automatikfunktion sollte das sehr selten notwendig sein, daher wird die Handwegklasse fünf gewählt, wenn es aber nötig ist, muss es sofort passieren, da die Funktion Einfluss auf die Bereitschaft des Fahrzeugs nimmt,

sofort losfahren zu können, daher wird die Kopfbewegungsklasse eins vorausgesetzt. Da die Motorsteuerung allein dem Fahrer obliegt, ist die Benutzerklasse offensichtlich „Fahrer“. Weil es für diese Eigenschaftskombination keine passende Ortsklasse gibt, wird die Funktion in ihrer Häufigkeitsbewertung hochgestuft und erhält damit Ortsklassen der Eigenschaftskombination 1-4-Fahrer.

Für alle nicht in Tabelle 30 enthaltenen Fälle lässt sich auf Basis der betrachteten Eigenschaften jeder Nutzerfunktion mindestens eine Ortsklasse als Bedienort und als Anzeigort zuordnen. Bei den Anzeigorten tritt das Problem der fehlenden Kombinationen natürlich nicht auf, da hier nur eine Eigenschaft betrachtet wird.

Eben diese äußerst geringe Anzahl von Eigenschaftskonstellationen im Vergleich zu den weiter oben durchgeführten Analysen der Bedien- und Anzeigenelemente, macht selbstverständlich stutzig – ist doch bereits die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement, bei der immerhin fünfzehn Bedingungen abgefragt werden, von nur geringem Erfolg gekrönt. In der Tat muss das Ergebnis der hier beschriebenen Methode einer intensiven Plausibilitätsprüfung standhalten und mit anderen Überlegungen sowie nicht zuletzt dem Ergebnis der Suche nach dem relativen Ort kombiniert werden.

Die Belastbarkeit des Ergebnisses muss an dieser Stelle offen bleiben: In diesem Fall sind im Gegensatz zu den vorherigen Analysen die Eigenschaften der Ortsklassen gezielt für diese Methode erfasst, was durchaus für ein verwertbares Ergebnis trotz der geringen Anzahl von Eigenschaftskonstellationen spricht. Auch sind die Einzelschritte der Methode plausibel und logisch. Auf Basis einer intensiven Diskussion mit Knoll wird daher die Zuordnung der absoluten Bedien- und Anzeigorte mithilfe dieser Methode durchgeführt und das Ergebnis mit entsprechender Vorsicht weiterverwendet.⁴⁹ Die angekündigte Plausibilitätsprüfung und Kombination mit den weiteren Ergebnissen zur Platzierung von Bedienelementen wird im Kapitel 7.4 diskutiert.

Hier schließt sich ein kleiner Exkurs zur weiteren Verwendung der hier benutzten Klassifikation der Nutzerfunktionen an. Darauf folgt die Beschreibung der Methode zum Fund des optimalen relativen Ortes.

7.2.3 Kompromissbereitschaft

Die in der Theorie bereits im Kapitel 4.3.1 und hier für die Festlegung von Bedien- und Anzeigort verwandte Klassifikation hat noch einen weiteren Aspekt, der bisher bei der Betrachtung des Handweges und der Kopfnickbewegung nur angeschnitten wird, nämlich das durch Gewohnheit erreichte Wissen des Fahrers über Nutzerfunktionen, die er häufig benötigt. Die oben getroffene Feststellung, dass bei häufig benutzten Nutzerfunktionen der Bedienort – außer bei Erstkontakt mit dem Fahrzeug – schon bekannt ist, lässt sich auf alle systemergonomischen Aspekte des Anzeige- und Bedienkonzeptes übertragen.

Die schon mehrfach in dieser Arbeit angesprochenen Ebenen der Informationsverarbeitung nach Rasmussen (Kapitel 2.1.5; Kapitel 2.2.4) weisen klar den Einfluss der Übung und der Gewohnheit auf die Bedienung aus. Der möglicherweise vorhandene Konflikt zwischen der Gewohnheit und der Kompatibilität wird bereits in Kapitel 5.1.4 diskutiert. Der Einfluss der Häufigkeit einer Bedienung auf die Gewohnheit und den Grad der Übung scheint offensichtlich: Es ist davon auszugehen, dass häufig benutzte Nutzerfunktionen fertigungs- oder mindestens

⁴⁹ Gespräch mit Dr. Christian Knoll, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 9. April 2009

regelbasiert bedient werden, während seltener benutzte Funktionen wissensbasiert oder bestenfalls in bestimmten Fällen sehr allgemeiner Funktionen regelbasiert benutzt werden.

Vor diesem Hintergrund erhält die Bedienhäufigkeit eine Bedeutung für das gesamte Anzeige- und Bedienkonzept. Kurz gesagt müssen häufig benutzte Funktionen nicht unbedingt einfach oder gar intuitiv sein, sondern nur innerhalb einer akzeptablen Zeit erlernbar. Selbstverständlich gilt weiterhin das in Kapitel 2.1.4 gesetzte Ziel der generellen Intuitivität und damit eines im Allgemeinen benutzerfreundlichen Anzeige- und Bedienkonzeptes, allerdings könnte bei sehr häufig benutzten Funktionen die Einfachheit beispielsweise gegenüber der Bedienschnelligkeit in den Hintergrund treten, sofern ein Zielkonflikt zwischen diesen beiden Aspekten besteht.

Ein Beispiel für einen solchen Fall stellen die Bedienelemente dar, die einige Hersteller auf der fahrerabgewandten Seite der Lenkradspeichen platzieren (zum Beispiel Volvo C30 von 2006, MINI Cooper von 2001, verschiedene aktuelle Modelle von Peugeot haben einen eigenen Bediensatteliten an der Lenksäule mit Tasten auf der Rückseite). Diese Bedienelemente sind nicht sichtbar und entziehen sich damit der Möglichkeit, ihre Funktion durch Beschriftung oder Symbolik zu erklären. Der Benutzer muss die Bedienung dieser Elemente erst lernen, mithilfe der Betriebsanleitung oder durch Ablesen einer eventuell vorhandenen Beschriftung in einer Haltung, die nur im Stand eingenommen werden kann. Dieser Hürde des Erlernens steht der Vorteil der Erreichbarkeit mit den Fingern bei am Lenkrad verweilender Hand – also Handwegklasse eins – und die Bedienung dieser Elemente mit dem Zeigefinger, der über ein Gelenk mehr verfügt als der Daumen und dadurch komplexere Bedienelemente steuern kann wie beispielsweise den 2D-Kipphebelaster (St_047) im Volvo C30. Beides verspricht eine schnelle Bedienung, die bei häufig genutzten Funktionen wichtiger sein kann als Intuitivität.

Besteht ein solcher Zielkonflikt nicht, gilt aus rein systemergonomischer Sicht selbstverständlich die Forderung nach der Erfüllung beider Ziele. Bekanntlich gibt es aber bei der Entwicklung eines Anzeige- und Bedienkonzeptes für ein Kraftfahrzeug bedingt durch die beteiligten Disziplinen noch sehr viel mehr Ziele, die miteinander in Konflikt treten können (Bubb 2007, S. 241 ff). Bei solchen Zielkonflikten stellt sich daher relativ oft die Frage, mit welcher „Härte“ die Ansprüche der Systemergonomie durchgesetzt werden sollten. Abbildung 67 zeigt einen Vorschlag zum Umgang mit Zielkonflikten abhängig von der Bedienhäufigkeit und auch der Wichtigkeit.

	Häufig	Selten
Wichtig	Einfache, unmissverständliche Bedienung Schutz vor Fehlbedienungen.	Intuitive, sofort verständliche Bedienung Auffinden sicherstellen.
Unwichtig	Erlernbare Bedienung Einfachheit kann zugunsten der Bedienschnelligkeit reduziert werden.	„Gute“ Bedienung In systemergonomischen Aspekten kann zugunsten anderer Ziele (z.B. Design) nachgegeben werden.

Abbildung 67: Matrix zur "Härte" bei der Verfolgung der systemergonomischen Ziele

Der Einbezug der Wichtigkeit in diese Überlegung scheint angezeigt, da die alleinige Betrachtung der Bedienhäufigkeit – wie schon im Kapitel 4.3 diskutiert – zu einseitig wäre. Beispiele für die vier Felder der Matrix in Abbildung 67 verdeutlichen dies: Eine häufige und wichtige Funktion ist

beispielsweise die Betätigung des Blinkers, daher sollte diese Bedienung einfach und direkt sein. Unabhängig von den speziell bei dieser Funktion gewohnten Lenkstockhebeln kann aufgrund der Häufigkeit ein geringe, zuerst zu erlernende Komplexität zu Lasten des Erstkontakts in Kauf genommen werden, wenn sie in anderen Faktoren Vorteile bringt.

Im Gegensatz dazu ist der Warnblinker eine Funktion, die selten benutzt wird, aber gleichzeitig in der gegebenen Situation sehr wichtig sein kann. Aus diesem Grund muss ihre Bedienung absolut intuitiv sein, da kein Erlernen vorausgesetzt und erst recht keine Gewohnheit angenommen werden kann. Zusätzlich ist bei solchen Funktionen ein schnelles Auffinden zu gewährleisten, möglicherweise durch Platzierung und hervorstechende Gestaltung des Bedienelements.

Den umgekehrten Fall stellt zum Beispiel die Lautstärke des Unterhaltungssystems dar. Sie wird sehr häufig bedient, ist aber im Sinne der Verkehrssicherheit vergleichsweise unwichtig. Dementsprechend sollte hier auf schnelle und körperlich wenig anstrengende Bedienung geachtet werden, während ein gewisses Erlernen dieser Bedienung in Kauf genommen werden könnte, wenn es sich zugunsten der Schnelligkeit nicht vermeiden lässt. Im Sinne des Erstkontakts wäre hier eine redundante Bedienung für Laien und Experten denkbar.

Der letzte Fall, die unwichtige und selten benutzte Funktion, wäre zum Beispiel durch die manuelle Einstellung einer Radiofrequenz repräsentiert. Die Bedienung dieser Funktion sollte keineswegs bewusst schlecht gestaltet werden, auch hier sind die systemergonomischen Grundsätze anzuwenden. Kommt es allerdings zu Zielkonflikten mit den anderen Disziplinen der Ingenieurskunst, soll beispielsweise aus Kostengründen ein Bedienelement für diese Funktion eingespart und die Funktion ins Bildschirmsystem verlegt werden, dann ist bei Funktionen dieser Art sicher die beste Gelegenheit für Kompromissbereitschaft.

Damit ist eine der möglichen Anwendungen des Klassifikationsschemas nach Wichtigkeit und Häufigkeit beschrieben. Nach dieser vom absoluten Bedienort ausgehenden Diskussion relativ allgemeiner und übergreifender Aspekte des Anzeige- und Bedienkonzeptes folgt nun die Suche nach dem optimalen relativen Ort.

7.3 Methode zum Fund des optimalen relativen Ortes

Mit dem relativen Ort einer Nutzerfunktion ist der Ort gemeint, den sie – beziehungsweise ihre Anzeige- und Bedienelemente – in Relation zu denen anderer Nutzerfunktionen einnehmen. Der Begriff der Gruppierung fasst das am Besten zusammen. Die Frage ist also, wie Nutzerfunktionen aus systemergonomischer Sicht gruppiert werden sollten. Es ist davon auszugehen, dass die Funktionsgruppierung und -anordnung wichtige Stellhebel im Anzeige- und Bedienkonzept sind.

Es gibt eine Vielzahl ordnender Kriterien – nicht zuletzt sind schon in den Abschnitten „Kriterien“, „Rubriken (Funktionsgruppen)“ und „Geräte“ im Kapitel 4.2 Eigenschaften der Nutzerfunktionen erfasst, die sich grundsätzlich als gruppierende Kriterien eignen. Prinzipiell könnte jedes der für die Nutzerfunktionen erfassten Merkmale als Ordnungskriterium dienen und die seinen möglichen Ausprägungen entsprechenden Gruppen bilden. Dank der Kombinatorik ließen sich daraus mehr Gruppen bilden, als Nutzerfunktionen analysiert sind.

Nach welchem dieser Kriterien aber gruppiert werden muss, um den Benutzer bei seiner Aufgabe zu unterstützen, ist nicht offensichtlich. Das Ziel der Gruppierung an sich ist gemäß der ersten Gestaltungsmaxime der Systemergonomie (vergleiche Kapitel 2.1.2), dem Benutzer bei seiner Absicht entgegen zu kommen. Das Schlüsselwort könnte hier die Absicht sein, also das, was der Benutzer mit der Bedienung bezweckt. Zwar ist für jede Nutzerfunktion auch der Fahrerwunsch erfasst, allerdings ist dieser naturgemäß bei jeder Nutzerfunktion ein anderer, sonst wür-

den sich Funktionen wiederholen. Die mit dem Fahrerwunsch eng verknüpften Merkmale „Anwendungsfälle“ und „Phasen“ könnten hier aber weiterhelfen (vergleiche Kapitel 4.2).

Demgegenüber steht die Analyse realer Fahrzeuge im Kapitel 3, welche neben dem gewohnten absoluten Ort auch die gewohnte Gruppierung liefert, sofern sie über die analysierten Fahrzeuge konstant ist. Wenn eine bestimmte Gruppierung aufgrund dieser Analyse als gewohnt gelten kann, dann ist es sicherlich auch die Gruppierung, die den Fahrer bei seiner Absicht unterstützt und damit die systemergonomisch sinnvolle.

Als gewohnt gelten kann die Gruppierung aus den realen Fahrzeugen aber nur für die Nutzerfunktionen, die entsprechend der theoretischen Beschreibung in Kapitel 5.2 überhaupt einen gewohnten Bedienort besitzen, also in mindestens der Hälfte der untersuchten realen Fahrzeuge vorkommen und dabei einen bestimmten Bedienort mit deutlicher Mehrheit aufweisen. Nutzerfunktionen mit demselben gewohnten Bedienort können dann als gruppiert im Sinne der Gewohnheit gelten. Da die genannten Kriterien aber bei Weitem nicht für alle analysierten Nutzerfunktionen zutreffen, ist diese gewohnte Gruppierung relativ unvollständig.

Eine allgemeine Methode wäre wünschenswert, um wie schon bei den vorangegangenen Betrachtungen deren Ergebnis der gewohnten Gruppierung gegenüber zu stellen. Die bisher betrachteten Theorien und Überlegungen der Systemergonomie liefern hier keinen Anhaltspunkt, beispielsweise lehren die Gestaltgesetze, die im Kapitel 2.3.2 beschrieben werden, wie die Zusammengehörigkeit von Bedienelementen dargestellt werden kann, jedoch nicht, welcher Nutzerfunktionen Bedienelemente zusammengehören.

Die nachfolgenden beiden Unterkapitel beschreiben zwei solche Methoden: Die erste, das Sortierexperiment, ist eine Methode aus der Psychologie, die zweite bedient sich der Auswertungsalgorithmen der ersten und greift dabei die ordnenden Kriterien aus der Nutzerfunktionsanalyse in Kapitel 4.2 wieder auf, um eine theoretische Sortierung zu erstellen. Es sei hinzugefügt, dass beide Methoden zur Suche nach der Gruppierung nicht zwischen Bedienung und Anzeige unterscheiden, sondern direkt die Nutzerfunktionen gruppieren.

7.3.1 Sortierexperiment

Die Suche nach der sinnvollen Gruppierung von Nutzerfunktionen geht hier einen völlig anderen Weg als die bisher im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Methoden. Sie bedient sich bestehender Methoden aus den Fachgebieten der Psychologie und der Statistik. Eine gewisse Nähe zwischen der Systemergonomie und der Psychologie wird bereits an anderen Stellen dieser Arbeit offenbar, bisher werden hier allerdings nur psychologische Erkenntnisse und nicht Methoden weiterverwandt.

Literaturquellen

Für die Methode des „Sortierexperiments“ liefert Deubzer in ihrer Dissertation (Deubzer 2002) eine sehr gute Beschreibung (Deubzer 2002, S. 288 ff) im Rahmen des Kapitels „Leitfaden für die Entwicklung nutzerspezifischer und erwartungsgerechter Anordnungen von Objekten und Funktionen im Raum“ (Deubzer 2002, S. 285 ff). Zusammengefasst besteht das Sortierexperiment aus einer Anzahl von Begriffen, welche die Versuchspersonen in eine Ordnung sortieren sollen, ohne dass dabei ein Kriterium vorgegeben wird (Deubzer 2002, S. 291). Aus den sortierten Strukturen aller Versuchspersonen lässt sich mithilfe der statistischen Methoden der „nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung“ (Deubzer 2002, S. 292 und S. 150 ff) und der „hierarchischen Clusteranalyse“ (Deubzer 2002, S. 292 und S. 154 ff) eine Gruppierung der Begriffe errechnen, die der

durchschnittlichen, mentalen Begriffsstruktur der Versuchspersonen entspricht (Deubzer 2002, S. 290 f).

Deubzer weist nach, dass diese Begriffsstruktur bei einer Nutzergruppe, die grundsätzlich mit den Begriffen und deren Umfeld vertraut ist – wie das beispielsweise bei Autofahrern im Bezug auf Funktionen im Kraftfahrzeug der Fall ist – einheitlich und „überindividuell“ ist (Deubzer 2002, S. 259 ff), und außerdem unabhängig vom aktuellen Handlungsziel, also der Situation oder dem Anwendungsfall (Deubzer 2002, S. 267). Darüber hinaus belegt Deubzer, dass eine Anordnung von Objekten, die dieser überindividuellen Begriffsstruktur entspricht, das Auffinden von gesuchten Objekten beschleunigt (Deubzer 2002, S. 268 f).

Die Probanden einer von Deubzer durchgeführten Studie mit Supermarktprodukten (Deubzer 2002, S. 227 ff) finden sogar „in kürzerer Zeit und mit weniger Aufwand ihre gewünschten Produkte im Vergleich zu der seit Jahren gewöhnten Hersteller-orientierten Anordnung“ (Deubzer 2002, S. 268). Eine Gruppierung nach der mentalen Begriffsstruktur ist also voraussichtlich sogar besser für das schnelle Auffinden einer Nutzerfunktion als die gewohnte Gruppierung. Eine ähnliche Annahme wird im Kapitel 5.1.4 bezüglich des Überwiegens der primären Kompatibilität gegenüber der Gewohnheit beziehungsweise dem Erlernten getroffen.

Kiss et al. haben das beschriebene Vorgehen bereits auf Funktionen im Fahrzeugcockpit angewandt (Kiss 2002). Sie sprechen von der mentalen Begriffsstruktur als einer kognitiven Landkarte des Fahrzeugcockpits, deren Kenntnis und Anwendung „eine verbesserte Kontrolle des Fahrers über Fahrzeuginformationen und Bedienelemente ermöglichen, z.B. messbar in kürzeren Handlungsausführungszeiten“ (Kiss 2002, S. 456). Ihre Ergebnisse legen eine Gruppierung nach dem „Handlungskontext“ (Kiss 2002, S. 465) nahe. Allerdings umfassen die einbezogenen Begriffe nur einige grundlegende Nutzerfunktionen, also nicht alle, die im Rahmen dieser Arbeit von Interesse sind.

Eine weitere Anwendung des Verfahrens fand bei Helmer et al. statt (Helmer 2008). Ihre Arbeit konzentriert sich aber auf die Funktionen der Fahrerassistenzsysteme. Auch bei Helmer et al. werden in drei unterschiedlichen Versuchen stabile Gruppen herausgestellt (Helmer 2008, S. 13), die eine Orientierung der Begriffsstruktur am Anwendungsfall nahe legen.

Versuchsdesign und -ablauf

In Zusammenarbeit mit Experten^{50;51} werden das exakte Versuchsdesign und vor allem die zur Sortierung bereitgestellten Begriffe festgelegt. Für das Sortierexperiment werden aus den ca. 300 im Kapitel 4 analysierten Funktionen 90 ausgewählt, was von Schumann als die oberste Grenze dessen angesehen wird, was den Versuchspersonen zumutbar ist.⁵⁰

Die Auswahl hat das Ziel, einerseits einen guten Überblick über die heute im Kraftfahrzeug vorkommenden Funktionen zu liefern (Deubzer 2002, S. 290), andererseits gezielt Funktionen einzubeziehen, die im Fahrzeug noch jung sind und deren Gruppierung noch nicht durch Gewohnheit oder sonstige Orientierungshilfen bekannt ist, beispielsweise das Einschalten von Ausfahrtskameras, die ganz vorne am Fahrzeug nach rechts und links blicken.

Die Begriffe, die zunächst aufgrund ihrer Herkunft aus der Funktionsliste teils sehr technisch ausgerichtet sind und sich teils auch sehr an der Marktkommunikation von BMW orientieren, werden konsequent auf die Benutzersicht übersetzt und neutralisiert. Da es essentiell für das

50 Gespräch mit Hermann Künzner und Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 10. September 2007

51 Gespräch mit Dr. Frederik Platten, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 15. Mai 2008

Experiment ist, dass die Versuchspersonen die Begriffe vollständig verstehen (Deubzer 2002, S. 290), wird auch auf die Bekanntheit und Verständlichkeit erhöhter Wert gelegt.

Bei Funktionen, deren Verständlichkeit nicht uneingeschränkt gegeben ist, wird außerdem eine kurze Erklärung verfasst, die im Versuch auch zur Verfügung steht. So wird beispielsweise aus der bei BMW so genannten Funktion „iBrake“ die „Auffahrwarnung“ mit der Erklärung „warnt vor drohendem Auffahren auf ein Hindernis“. Außerdem werden alle Begriffe als Tätigkeiten formuliert, also im Beispiel „Auffahrwarnung einschalten“.⁵² Die komplette Liste der zum Sortierexperiment verwandten Begriffe findet sich in Tabelle 46 auf Seite 283 in Anhang F.

Der Versuch wird als „Freies Sortieren“ ausgelegt, das bedeutet, die Versuchspersonen müssen die Begriffe in eine eindimensionale Reihenfolge bringen (Deubzer 2002, S. 145). „Freies Sortieren ist am einfachsten für die Versuchspersonen.“ (Deubzer 2002, S. 291) Diese Methode wird ausgewählt, weil die Versuchspersonen ohnehin durch die hohe Anzahl an Begriffen relativ stark belastet werden. Des Weiteren bringt die Eindimensionalität dieser Sortiermethode mehr Abstraktion mit sich und verhindert beispielsweise, dass die Versuchspersonen mit den Begriffen in einer zweidimensionalen Anordnung quasi ein Fahrzeugcockpit bildlich nachbauen.⁵²

Ein weiterer Effekt dieser Sortiermethode ist es, dass *alle* Begriffe in die Reihenfolge einsortiert werden müssen – es kann keine Kategorie „Sonstiges“ entstehen. Dies bewirkt einerseits Vollständigkeit, andererseits ist eine prinzipielle Verzerrung durch das Fehlen der genannten Kategorie möglich, da die Versuchsperson Begriffe, zu denen sie keine Meinung hat, willkürlich einsortieren kann und muss.⁵² Diese Willkür wird sich aber durch die Anzahl der Versuchspersonen ausgleichen.

Zur Vereinfachung der Durchführung wird das Sortierexperiment in digitaler Form umgesetzt. Abbildung 68 zeigt das per E-Mail zusammen mit einem Anschreiben und einem statistischen Fragebogen verschickte Sortierfeld. Beim ersten Öffnen werden die Karteikarten mit den Begriffen automatisch durchgemischt, so dass jede Versuchsperson einen neuen, zufälligen Kartenstapel erhält. Jede der gelben Karteikarten enthält einen der zuvor beschriebenen Begriffe – die Erklärung erscheint beim Zeigen mit der Maus auf die Karteikarte.

Im Anschreiben werden die Versuchspersonen aufgefordert, die Karteikarten auf dem Raster in eine Reihenfolge nach beliebigem Kriterium zu sortieren, wörtlich, in eine „sinnvolle Ordnung“. Die eindimensionale Reihe ist nur deswegen als Raster ausgelegt, um unnötiges Scrollen am Bildschirm zu vermeiden und der Versuchsperson ständig den Überblick über alle sortierten Begriffe zu gewähren. Dass zu Beginn des Experiments viele Karten noch von anderen verdeckt sind, ist Absicht und entspricht auch der Situation mit echten Karteikarten. Ziel ist es, dass die Versuchsperson die Begriffe schrittweise erfährt und nicht auf einmal mit Allem konfrontiert wird.⁵² Ein Umsortieren ist bis zur finalen Abgabe des Sortierexperiments natürlich jederzeit möglich.

Die ausgefüllten – beispielsweise wie in Abbildung 69 – und per E-Mail zurückgesandten Sortierfelder werden wiederum maschinell ausgewertet: Die sortierten Karteikarten jeder Versuchsperson werden in einzelne Tabellenspalten ausgelesen und dort zur Mittelwertdistanzmatrix verrechnet. Diese stellt alle Begriffe einander gegenüber – jede Matrixzelle enthält den durchschnittlichen Abstand zwischen dem Begriff im Spaltenkopf und dem am Zeilenanfang.

⁵² Gespräch mit Hermann Künzner und Dr. Josef Schumann, BMW Group Anzeige- und Bedienkonzept, 10. September 2007



Abbildung 68: Sortierfeld für Sortierexperiment, initialer Zustand

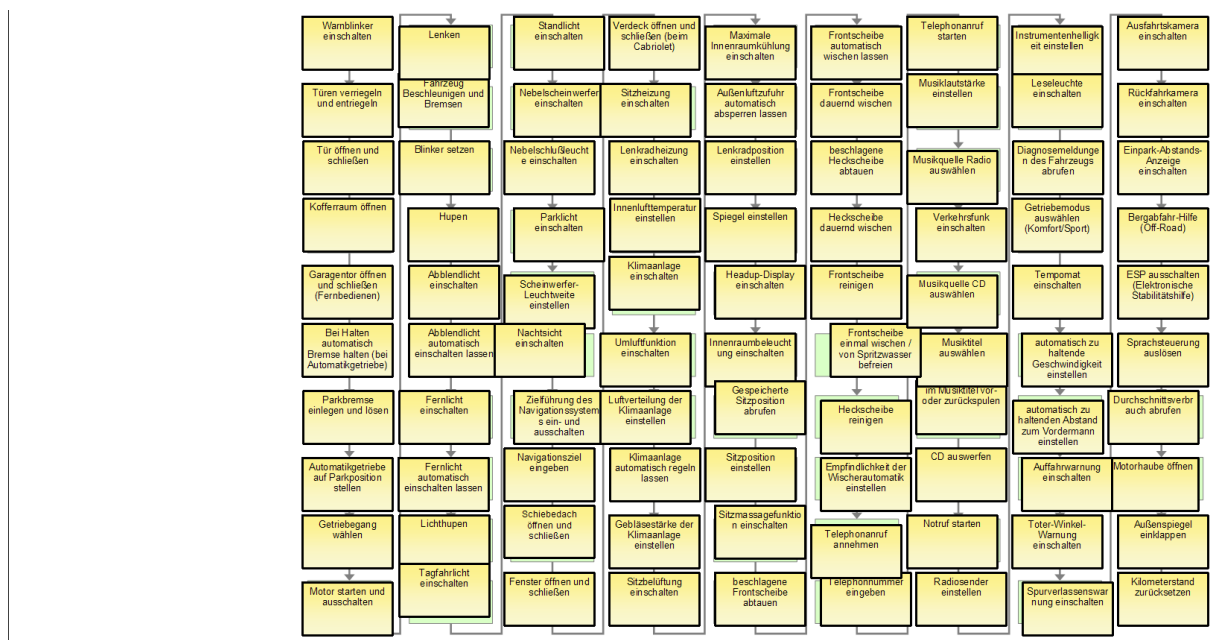


Abbildung 69: Sortierfeld für Sortierexperiment, sortierter Zustand

Abstand bedeutet dabei den Abstand zwischen zwei Begriffen innerhalb einer sortierten Reihenfolge. Das folgende Beispiel (komplett entnommen aus Mueller 2006, S. 30) soll das verdeutlichen: Gegeben sei eine Liste von drei Begriffen. Es wird angenommen, dass die drei Begriffe auf der Liste in einer bestimmten Reihenfolge untereinander stehen, zum Beispiel:

1. Äpfel
2. Birnen

3. Bananen

Daraus ergibt sich die folgende Distanzmatrix, wie sie Tabelle 31 zeigt. Die Distanzmatrix ist immer quadratisch, da auf der Hoch- und der Rechtswertachse die gleichen Begriffe aufgetragen werden. Die Distanzen werden gerechnet von den Begriffen der Hochwertachse zu den Begriffen der Rechtswertachse. Zwischen „Äpfel“ und „Birnen“ besteht eine Zeile Unterschied, genauso zwischen „Bananen“ und „Birnen“. Ausgehend von „Birnen“ ist die Distanz zu „Äpfel“ also -1, zu „Bananen“ +1. Zwischen „Äpfel“ und „Bananen“ besteht ein Unterschied von zwei Zeilen, also von „Äpfel“ ausgehend eine Distanz von +2, von „Bananen“ ausgehend von -2.

Tabelle 31: Beispielhafte Distanzmatrix

von ↓ nach →	Äpfel	Bananen	Birnen
Äpfel	0	2	1
Bananen	-2	0	-1
Birnen	-1	1	0

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Zellen auf der Hauptdiagonalen dieser Matrix, in Tabelle 31 blaugrau markiert, gleich Null sind, denn diese stellen die Distanz eines Begriffs zu sich selbst dar. Außerdem ist offensichtlich, dass jede Zelle dem Betrag nach gleich ihrem an der Hauptdiagonalen gespiegelten Pendant ist, aber das gegensätzliche Vorzeichen aufweist, denn es handelt sich jeweils um dasselbe Begriffspaar, nur wird in unterschiedlicher Richtung gezählt. Dadurch liegen die Distanzwerte und damit die Unähnlichkeiten der Begriffe in der Tat doppelt vor, nämlich einmal in der unteren, und einmal in der oberen Dreiecksmatrix der Distanzmatrix. Da aber eine negative Unähnlichkeit keinen Sinn ergibt, werden im weiteren Verlauf der Auswertung nur die Beträge der Distanzen benutzt.

Angewandt auf das hier durchgeführte Sortierexperiment bedeutet das: Zwei benachbarte Begriffe haben den Abstand eins, der erste und der letzte Begriff der Reihenfolge haben den Abstand 89. Bei der Mittelwertbildung für die Mittelwertdistanzmatrix dürfen ohnehin nur die Beträge der Abstände benutzt werden, denn die absolute Position eines Begriffs in der sortierten Reihenfolge ist irrelevant, nur sein Abstand zu den anderen zählt.

Tabelle 32 zeigt die Beschreibung der Versuchspersonengruppe anhand der erhobenen statistischen Daten. Abgefragt worden sind die benötigte Zeit für die Durchführung des Experiments, eine Einschätzung des Schwierigkeitsgrades der gestellten Aufgabe, sowie weitere, die Stichprobe beschreibende Daten. Da sich zum Teil beträchtliche Spannweiten ergaben, enthält Tabelle 32 neben den Durchschnittswerten auch Median, Maximal- und Minimalwert, Varianz und Standardabweichung. Eine Korrelationsuntersuchung wurde nicht durchgeführt, da sie nicht das Ziel der Analyse ist und auch von einer überindividuellen Ordnung ausgegangen wird, die innerhalb der Gruppe der Versuchspersonen von keinen weiteren Variablen abhängig ist.

Tabelle 32: Statistische Daten der Versuchspersonen im Sortierexperiment

Abgefragte Merkmale	Durchschnitt	Median	Maximum	Minimum	Varianz	Standardabweichung
Bearbeitungszeit	44,3 min	33 min	120 min	5 min	728 min	27,0 min
Schwierigkeit	5,43	6	9	2	3,85	1,96
Geschlecht	14 (47%) männlich, 16 (53%) weiblich					
Alter	27,8 Jahre	26 Jahre	52 Jahre	22 Jahre	32,2 Jahre	5,67 Jahre

Abgefragte Merkmale	Durchschnitt	Median	Maximum	Minimum	Varianz	Standard-abweichung
Muttersprache	28 (93%) deutsch, 2 (7%) nicht deutsch					
technische Ausbildung	10 (33%) ja, 20 (67%) nein					
Jahres-Kilometerleistung	8.190 km	4.000 km	40.000 km	100 km	88.804.233 k.	9.424 km
Davon beruflich	13,1%	2,0%	80,0%	0,0%	3,87%	19,7%
KFZ-MMI benutzt	17 (57%) ja, 13 (43%) nein					

Die Muttersprache wird mit Blick auf die Verständlichkeit der Begriffe abgefragt. Die Fragen nach technischer Ausbildung, Jahres-Kilometerleistung und Vertrautheit mit Bildschirmbediensystemen in Kraftfahrzeugen dienen der Beurteilung der Qualifizierung der Versuchspersonen. Laut Deubzer haben beruflich mit der abgefragten Materie befasste Personen eine andere Denkstruktur als normale Benutzer und sollten daher nicht einbezogen werden (Deubzer 2002, S. 288 f). Die Daten in Tabelle 32 zeigen, dass die Stichprobe in dieser Hinsicht relativ ausgewogen ist und daher die Zielgruppe – die Autofahrer – ausreichend abbilden dürfte.

Die Mittelwertdistanzmatrix ist die Basis für die beiden schon genannten Algorithmen: Die nichtmetrische multidimensionale Skalierung und die hierarchische Clusteranalyse. Das Ergebnis einer nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung (NMDS) ist eine zwei- oder dreidimensionale Verteilung der Begriffe in Fläche beziehungsweise Raum, wie sie in Abbildung 70 ausschnittsweise zu sehen ist. Die komplette Darstellung befindet sich in Abbildung 89 auf Seite 286 in Anhang F. Beide Abbildungen zeigen das tatsächliche Ergebnis des Sortierexperiments. Die Diskussion aller Ergebnisse findet in Kapitel 7.4 statt.

In Abbildung 70 ist ein Kreis um eine der herauslesbaren Gruppen eingezeichnet. Die Punkte der eingekreisten Begriffe bilden eine kleine, abgeschlossene Gruppe gegenüber den umgebenden Begriffen. Allerdings fällt „MusikquelleRadioauswählen“ schon fast aus der Gruppe heraus und nähert sich einem anderen Begriff. Wegen dieser Unschärfen der NMDS ist es wichtig, das Ergebnis des Sortierexperiments auch mit einer zweiten Methode zu analysieren, der hierarchischen Clusteranalyse.

Das Ergebnis einer hierarchischen Clusteranalyse (HCA) ist ein so genanntes Dendrogramm, also eine Baumstruktur, wie sie in Abbildung 71 ausschnittsweise zu sehen ist. Das komplette Dendrogramm, das alle 90 Begriffe untereinander auflistet, befindet sich in Abbildung 90 auf Seite 287 im Anhang F. Beide Abbildungen zeigen das tatsächliche Ergebnis des Sortierexperiments. Die Diskussion aller Ergebnisse findet in Kapitel 7.4 statt.

Die von der Clusteranalyse zu Gruppen zusammengesetzten Begriffe sind durch Klammern auf der rechten Seite gekennzeichnet. Je näher an der Begriffsliste sich eine Klammer schließt, desto deutlicher ist die Gruppierung, daher auch die Skala ganz oben in Abbildung 71. Die drei ersten Begriffe (Fu_008, Fu_093, Fu_305) gehören zum Beispiel sehr eng zusammen und bilden eine deutliche Gruppe – auf der Skala oben in Abbildung 71 hat ihre Klammer nur die Breite eins. Begriffspaare, die zwar eine gemeinsame und exklusive Klammer haben, deren Klammer aber verglichen mit anderen sehr weit rechts schließt – nämlich beim Skalenwert neun, bilden dann zwar eine Gruppe, aber ihr Bund ist schwächer als bei denen mit Klammern weiter links, wie zum Beispiel die beiden untersten Begriffe in Abbildung 71 (Fu_171, Fu_169).

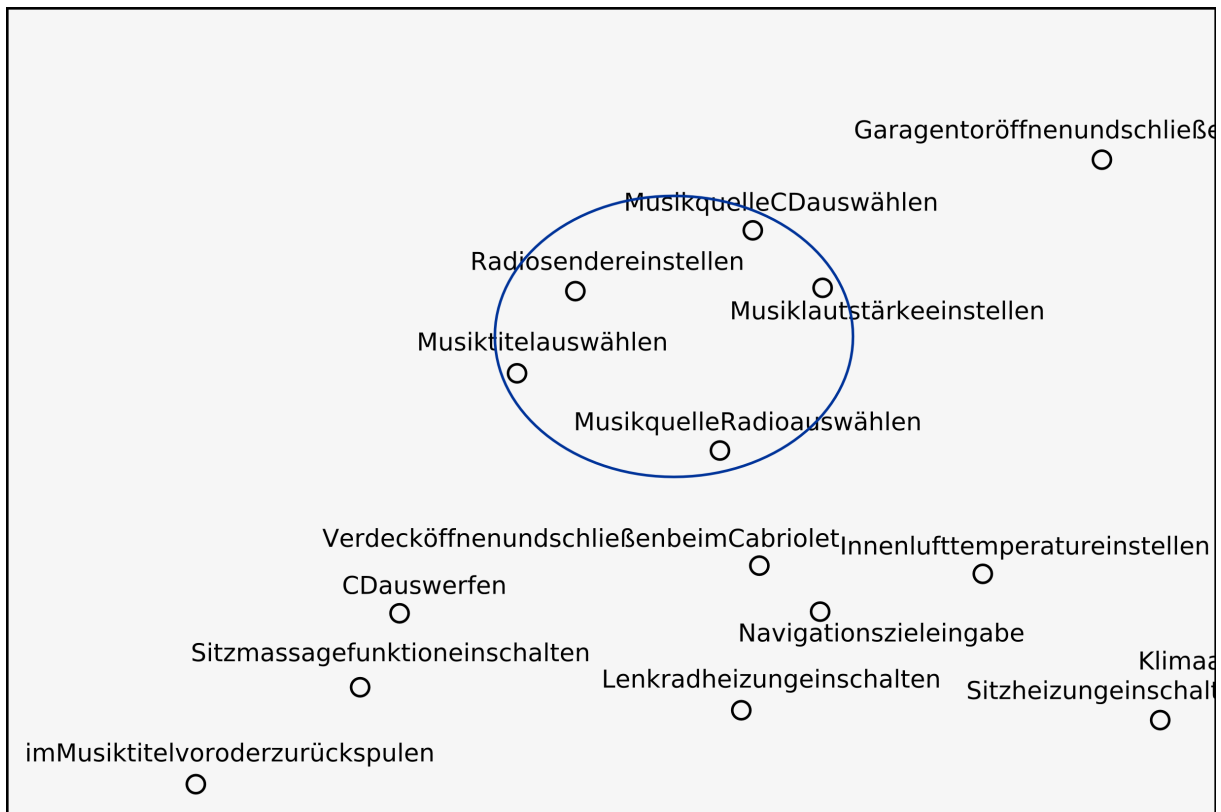


Abbildung 70: Ausschnitt aus dem zweidimensionalen Ergebnis der nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung

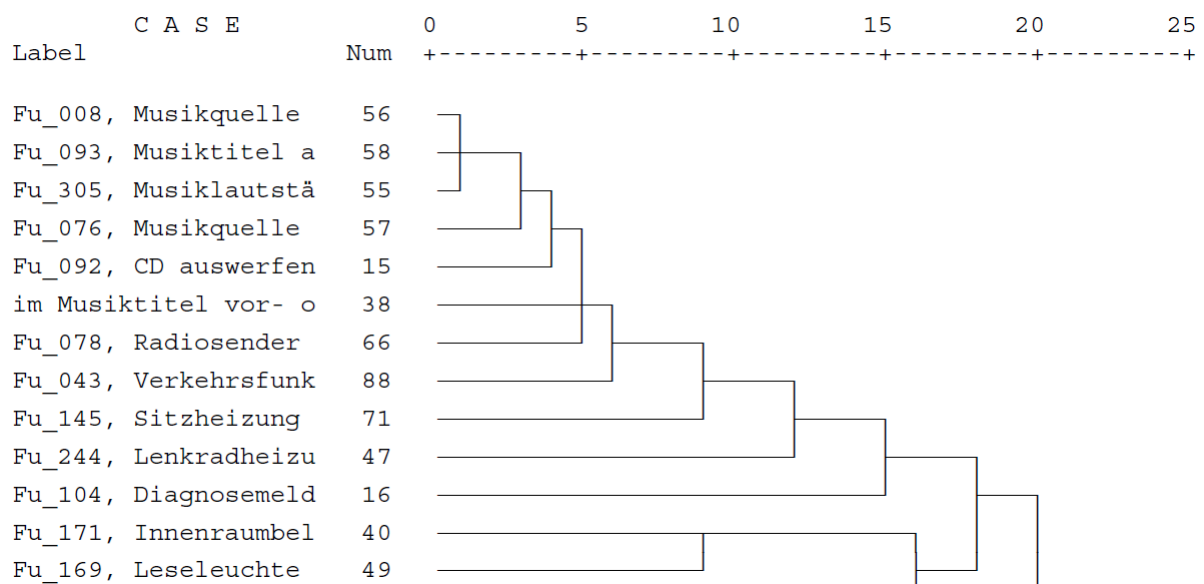


Abbildung 71: Ausschnitt aus dem Dendrogramm als Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse

Die Ergebnisse der NMDS und der HCA werden im Kapitel 7.4 zunächst miteinander in Einklang gebracht, um ein Abbild der mentale Begriffsstruktur zu erhalten. Außerdem werden sie

dort aber freilich mit den Ergebnissen der anschließend beschriebenen, zweiten statistischen Methode verglichen sowie den Ergebnissen der Suche nach dem absoluten Ort gegenüber gestellt.

Die Beschreibung des Sortierexperiments ist damit abgeschlossen. Es folgt die Adaption der hier aufgezeigten, statistischen Methoden auf ein theoretisches, das heißt künstlich und nicht empirisch erzeugtes Ähnlichkeitsmaß.

7.3.2 Gruppierung aufgrund anderer Ähnlichkeitsmaße

Mit der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen, empirischen Methode zur Feststellung der systemergonomisch sinnvollen Gruppierung und der weiter oben beschriebenen, gewohnten Gruppierung von Nutzerfunktionen liegen zwei Verfahren vor, die den relativen Ort bestimmter Funktionen festlegen. Leider sind beide nicht in der Lage, alle hier betrachteten Nutzerfunktionen abzudecken. Daher besteht weiterhin der Bedarf nach einer universellen Methode zur Feststellung des relativen Ortes.

Die in diesem Abschnitt vorgestellte, zu diesem Zweck entwickelte Methode, lehnt sich in weiten Teilen an das zuvor beschriebene Sortierexperiment an. Sie ersetzt lediglich die dort empirisch erhobenen Abstände durch ein theoretisch überlegtes Ähnlichkeitsmaß, mit dessen Hilfe sich ebenfalls eine Distanzmatrix aufbauen lässt. Ausgehend von der Distanzmatrix sind die Auswertungsmethoden dieselben wie beim Sortierexperiment, so dass die Ergebnisse auch sehr gut vergleichbar sind.

Ähnlichkeitskriterien und Gewichtung

Um ein Ähnlichkeitsmaß zu erstellen, das in der Distanzmatrix die durchschnittlichen Abstände aus den sortierten Begriffsreihen des Sortierexperiments ersetzen kann, benötigt man zunächst die Festlegung, nach welchen Kriterien die Ähnlichkeit der Nutzerfunktionen bemessen werden soll. Hierbei kommen nun die schon weiter oben angesprochenen Eigenschaften aus dem Kapitel 4.2 zum Einsatz.

Es ist bereits angesprochen worden, dass der Anwendungsfall, also die Absicht des Benutzers als ordnendes Kriterium und daher auch als Ähnlichkeitsmaß sinnvoll sein könnte. Auch Deubzer legt dies nahe: Sie beweist, dass die mentale Begriffsstruktur der Benutzer handlungsbezogen ist. „Die Ergebnisse aller vier Studien zeigen, dass die begrifflichsemantische Ähnlichkeitsbeurteilung Kriterien folgt, die mit den Handlungen der Nutzer zu tun haben.“ (Deubzer 2002, S. 265) Auch die oben im Abschnitt „Höhe auf dem Armaturenbrett“ schon beschriebene, unveröffentlichte Studie zur Platzierung von Funktionen im Cockpit (BMW 2011) rät zur anwendungsfallorientierten Gruppierung, denn die Probanden nannten als Gruppierungskriterium weitestgehend einheitlich die „Thematische Zusammengehörigkeit“ (BMW 2011, S. 25).

Demgegenüber legt die in der Einleitung zu Kapitel 7.3 beschriebene, gewohnte Gruppierung eine gewisse Orientierung an den technischen Geräten nahe, die im Kraftfahrzeug eingebaut sind. Beispielsweise werden in einigen der untersuchten realen Fahrzeuge alle Funktionen gruppiert, die sich mit dem Sitz beschäftigen: So befindet sich die Sitzheizung direkt neben der Sitzverstellung. Zwei Funktionen die dem Anwendungsfall nach wenig miteinander zu tun haben.

Im Rahmen mehrerer Expertengespräche wird festgestellt, dass neben den beiden Hauptströmungen „Anwendungsfall“ und „Gerät“ auch weitere Ordnungskriterien von Belang sein könn-

ten, wie beispielsweise die Phase im zeitlichen Ablauf der Fahrt.⁵³ Es werden daher sechs Funktionseigenschaften festgelegt, die in das Ähnlichkeitsmaß einfließen sollen, Tabelle 33 zeigt sie. Die Funktionseigenschaften sind dabei nach der ursprünglichen Bezeichnung in Tabelle 7 auf Seite 82 benannt, wo sie bereits näher erläutert werden.

Es werden außerdem zwei unterschiedliche Ähnlichkeitsmaße berechnet, indem zwei unterschiedliche Gewichtungen angewandt werden: Eine legt mehr Gewicht auf den Anwendungsfall, die andere auf die technischen Geräte. Es ist zu erwarten, dass die so entstehenden Gruppierungen im Vergleich mit den empirischen jeweils der mentalen Begriffsstruktur beziehungsweise der geräteorientierten, gewohnten Gruppierung ähneln. Die anderen Kriterien werden gegenüber den beiden ausschlaggebenden geringer gewichtet und auch untereinander noch leicht abgestuft, weil beispielsweise der Einfluss der eher groben Einordnung in die „Chronologie der Fahrt“ wegen genau dieser Grobheit weniger aussagt als die Zuordnung zu den „Phasen“. Tabelle 33 zeigt beide Gewichtungen.

Tabelle 33: Für das Ähnlichkeitsmaß relevante Funktionseigenschaften inklusive Gewichtung

Lfd. Nr.	Funktionseigenschaft	Gewichtung (Anwendungsfall)	Gewichtung (Geräte)
1	Aufgabentyp / Fahraufgabe	3	3
2	Rubriken (Funktionsgruppen)	4	4
3	Bedientes Objekt / Technische Einheit	1	9
4	Anwendungsfall	9	1
5	Phasen	3	3
6	Chronologie der Fahrt	2	2

Algorithmus zur Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes

Die konkrete Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes mithilfe der aufgestellten Kriterien und Gewichte erfolgt maschinell, da hier jede der untersuchten Nutzerfunktionen mit jeder anderen verglichen werden muss. Es muss also für 300 mal 300 Funktionen bei sechs Kriterien die Ähnlichkeit bestimmt und gewichtet werden, und das für jedes der beiden Ähnlichkeitsmaße.

Die Ähnlichkeit zweier Funktionen in einem konkreten Kriterium ist dabei auch keine binäre Information, da die Funktionen in einem Merkmal mehrere Ausprägungen besitzen können. Beispielsweise kommt die Funktion „Zentralverriegelung“ in der Chronologie der Fahrt sowohl zu Fahrtbeginn als auch zum Fahrtende vor. Des Weiteren bearbeitet diese Funktion die technischen Objekte Heckklappe, Türen und die Tankklappe.

Das Ähnlichkeitsmaß hängt also davon ab, in wie vielen Ausprägungen eines Merkmals zwei Nutzerfunktionen übereinstimmen. Da die Anzahl der möglichen Ausprägungen für jede Nutzerfunktion prinzipiell gleich ist, bleiben die Ähnlichkeitsmaße auch vergleichbar. Eine Verzerrung durch unterschiedliche Anzahlen von Ausprägungen bei den einfließenden Kriterien wird durch die Gewichtung ausgeglichen. Die folgende, programmiersprachenähnliche Schreibweise soll den Algorithmus verdeutlichen. Eine Abbildung des Algorithmus als Flussdiagramm findet sich in Abbildung 91 auf Seite 288 im Anhang F.

⁵³ Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 13. August 2007

```
Für jede Nutzerfunktion FU1 in allen Nutzerfunktionen
  Für jede Nutzerfunktion FU2 in allen Nutzerfunktionen
    Für jedes Merkmal K in allen zu bewertende Merkmalen
      Für jede Ausprägung T in allen Ausprägungen(FU1,K)
        Wenn Ausprägung(FU1,K,T) ∈ Eigenschaft(FU2,K)
          dann Ähnlichkeitsmaß(FU1,FU2) wird erhöht
            um 1 * Gewicht(K)
      Nächste Ausprägung T
    Nächstes Merkmal K
  Nächste Nutzerfunktion FU2
Nächste Nutzerfunktion FU1
```

Wird dieser Ablauf für beide Sätze von Gewichtungungen durchgeführt, erhält man zunächst zwei Ähnlichkeitsmatrizen. Die einzelnen Werte müssen vor der Weiterverarbeitung normiert und in Abstände umgewandelt werden. Dadurch entstehen zwei Distanzmatrizen, beide wiederum symmetrisch, jedoch im Gegensatz zur Mittelwertdistanzmatrix aus dem Sortierexperiment mit über 300 Zeilen und Spalten. Damit die Methoden direkt vergleichbar sind, wird die gesamte Prozedur auch auf den eingeschränkten Funktionssatz des Sortierexperiments angewandt, so dass zwei weitere Distanzmatrizen mit jeweils 90 Nutzerfunktionen entstehen.

Wendet man Skalierung (NMDS) und Clusteranalyse (HCA) auf diese Matrizen an, entstehen für beide Gewichtungssätze und beide Funktionsumfänge jeweils eine graphische Skalierung und ein Dendrogramm, vergleichbar mit Abbildung 70 und Abbildung 71. Die Auswertemethode ist hier also absolut dieselbe wie beim Sortierexperiment in Kapitel 7.3.1, nur ist hier ein künstlich errechnetes Ähnlichkeitsmaß die Basis statt des im Experiment erfassten. Im folgenden Kapitel werden im Rahmen der Diskussion aller Ergebnisse die Methoden zur Suche nach dem relativen Ort direkt miteinander verglichen und anschließend auch in Zusammenhang mit den Ergebnissen zum absoluten Ort gebracht.

7.4 Ergebnisse: Bedienorte

Die schon mehrfach angekündigte Diskussion der Ergebnisse des optimalen Bedienortes gliedert sich zunächst ähnlich der Methodenvorstellung in absoluten und relativen Ort, bevor beide Teilergebnisse integriert werden und ein konkreter Ortsvorschlag für einige beispielhafte Nutzerfunktionen vorgestellt wird.

Der absolute Ortsvorschlag

Das Ergebnis der Methode zum Fund des optimalen absoluten Ortes zeigt Abbildung 72 in Auszügen. Die Methode wird zwar auf alle untersuchten Nutzerfunktionen angewandt, deren Fülle würde aber die durch die Ballung von Funktionen an bestimmten Orten ohnehin eingeschränkte Übersicht in Abbildung 72 zur Gänze eliminieren. Daher zeigt Abbildung 72 eine repräsentative Auswahl der Ortsvorschläge der Methode nach Wichtigkeit (vergleiche Abbildung 65) und Häufigkeit (vergleiche Abbildung 63), wie sie im Kapitel 7.2 beschrieben ist. Zur weiteren Vereinfachung der Abbildung sind die Ortsklassen aus Abbildung 62 zwar vorhanden, aber nicht beschriftet.

Man entnimmt der Legende in Abbildung 72, dass die Methode nicht für jede Nutzerfunktion ein eindeutiges Ergebnis liefert. Bei den durch hellgrüne Punkte repräsentierten Funktionen gibt es mehrere vorgeschlagene Orte, was einfach daran liegt, dass mehrere Ortsklassen dieselbe Kombination von Eigenschaften aufweisen. In diesen Fällen ist die Funktion in nur einer Orts-

klasse eingezeichnet, und zwar in einer noch möglichst leeren, das heißt, in Abbildung 72 fand bereits eine gewisse Entzerrung statt, ohne die ein Überblick unmöglich wäre. Es gibt aber auch eindeutige Ortsvorschläge für Nutzerfunktionen, symbolisiert durch die dunkelgrünen Punkte in Abbildung 72.

Bei der Betrachtung von Abbildung 72 fällt auch auf, dass sich hier eine zum Teil durchaus unorthodoxe Funktionsplatzierung ergibt. Es ist daher unbedingt notwendig, die hier erhaltenen Ergebnisse mit den weiteren zu plausibilisieren und in Einklang zu bringen.

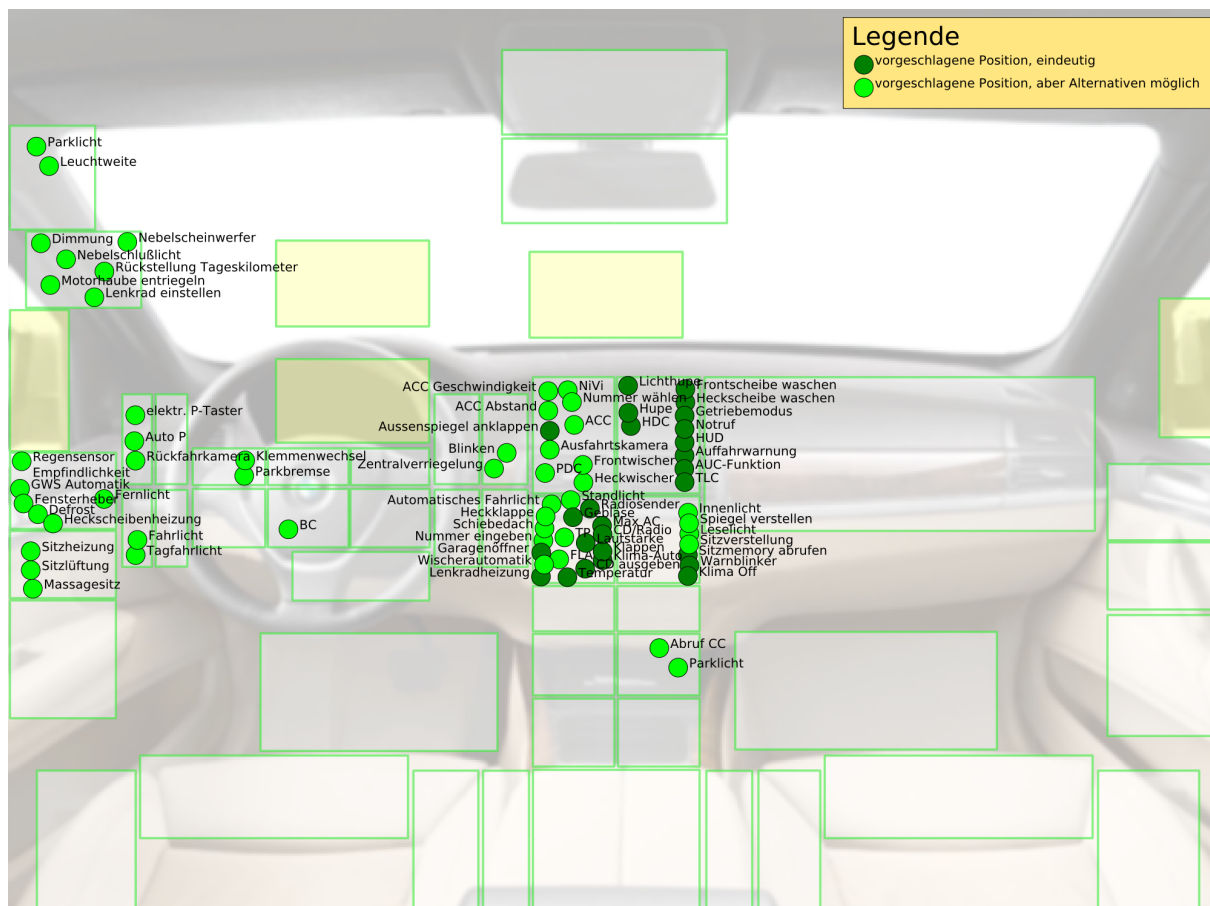


Abbildung 72: Ergebnis des absoluten Ortes nach Häufigkeit und Wichtigkeit

Der gewohnte Ort

Die Nutzerfunktionen, die nach den in Kapitel 5.2 festgestellten und in Kapitel 7.2 wiederholten Bedingungen einen gewohnten Ort besitzen, sind in Abbildung 73 eingezeichnet. Im Vergleich zur vorherigen Abbildung 72 fällt auf, dass diese Bedingungen nur bei einer überschaubaren Anzahl von Funktionen erfüllt sind. Auch hier gibt es eindeutige Ortsvorschläge, eingezeichnet in dunkelblau, und mehrdeutige, in Abbildung 73 hellblau. Diese entstehen dann, wenn die Analyse der realen Fahrzeuge einen zweiten Ort für eine Nutzerfunktion hervorbringt, der ähnlich oder sogar gleich häufig vorkommt, wie der häufigste. In Abbildung 73 sind für diese Fälle auch die alternativen Ortsklassen eingezeichnet – die geringere Anzahl der Funktionen erlaubt das.

Es ist festzuhalten, dass ein eindeutiger und den Bedingungen gehorchender Ortsvorschlag hier als gewohnt gelten kann und daher seine Berechtigung als systemergonomisch sinnvoller Ort

hat. Bei den mehrdeutigen Vorschlägen ist dies jedoch in Zweifel zu ziehen, denn sie entstehen tatsächlich dadurch, dass gewisse Nutzerfunktionen von den unterschiedlichen Herstellern fast willkürlich verteilt werden. In diesen Fällen ist der Einbezug weiterer ortsbestimmender Faktoren unbedingt notwendig.

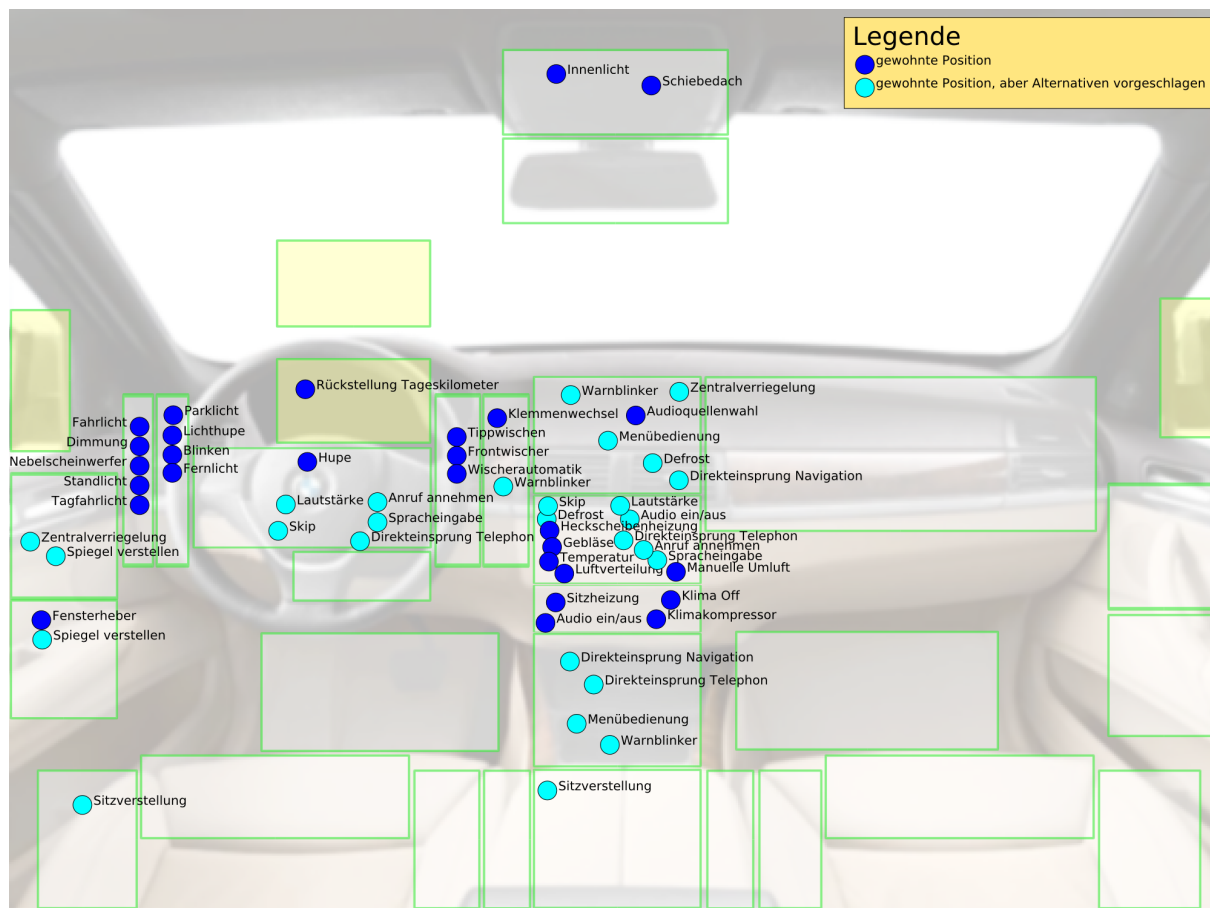


Abbildung 73: Ergebnis des gewohnten absoluten Ortes und damit der gewohnten Gruppierung

Die gewohnte Gruppierung

Die gewohnten absoluten Orte bilden – wie schon weiter oben angedeutet – natürlich auch die gewohnte Gruppierung. Da sich hierfür aber prinzipiell nur die eindeutigen gewohnten Orte heranziehen lassen, ist der Informationsgewinn verhältnismäßig klein. Auch die Tatsache, dass – wie der Vergleich von Abbildung 72 und Abbildung 73 offenbart – für die gewohnten Orte die größeren Ortsklassen der Analyse realer Fahrzeuge gelten, wie sie in Kapitel 3.4 festgelegt werden, trägt nicht zu einer präzisen Gruppierung bei.

Feststellen lässt sich, dass neben allen Lichtfunktionen, welche sich links neben dem Lenkrad gruppieren, auch die üblicherweise auf den Lenkstockhebeln platzierten Funktionen eben dort Gruppen bilden. Der gleiche Grund verbindet Innenlicht- und Schiebedachbedienung im Dachhimmel. Und auch die Sammlung von Hauptklima- und -audiofunktionen im Armaturenbrett überrascht nicht – sie ist den dort nun mal meistens platzierten Geräten geschuldet. Die interessanteste Gruppe bilden die Nebenklimafunktionen mit der Sitzheizung, welche bei streng gerä-

teorientierter Gruppierung, wie sie im Abschnitt „Ähnlichkeitskriterien und Gewichtung“ im Kapitel 7.3.2 beschrieben wird, getrennt wären.

Die empirische Gruppierung

Dennoch bietet diese Handvoll gewohnter Gruppen kaum Anhaltspunkte für die Auslegung weiterer Funktionen, während die Betrachtung der Ergebnisse des Sortierexperiments hier mehr verspricht. Die immerhin 90 Nutzerfunktionen dieses Experiments bilden im Dendrogramm interessante Gruppen. In den Ausschnitten der Dendrogramme des anwendungsfallorientierten (Abbildung 74), des geräteorientierten Ähnlichkeitsmaßes (Abbildung 75) und des Sortierexperiments (Abbildung 76) sind Gruppen als Ovale um die entsprechenden Funktionen eingezeichnet. Die drei kompletten Dendrogramme nebeneinandergestellt zeigt die Abbildung 92 auf Seite 289 im Anhang F. Auf Basis dieser Darstellung lassen sich die empirische Methode und die theoretische Methode direkt miteinander vergleichen.

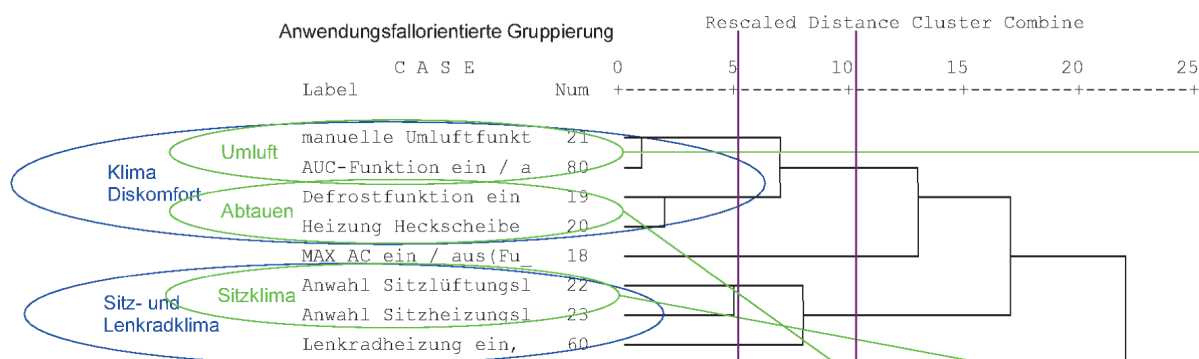


Abbildung 74: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des anwendungsfallorientierten Ähnlichkeitsmaßes über 90 Nutzerfunktionen

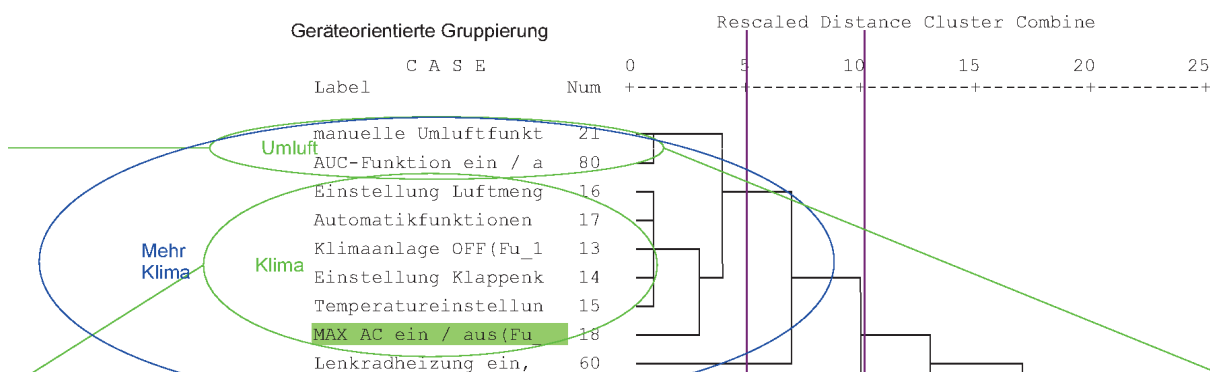


Abbildung 75: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des geräteorientierten Ähnlichkeitsmaßes über 90 Nutzerfunktionen

Zunächst bedeuten grüne Ovale sehr deutliche Cluster, also eine sehr enge Klammer, blaue Ovale sind „normale“ Cluster mit einer Distanz bis zu zehn – das heißt die Breite der Klammer überschreitet auf der Skala, die in Abbildung 74 und Abbildung 75 oben zu sehen ist, nicht den Wert zehn. Zur Orientierung sind in allen drei Ausschnitten senkrechte Linien bei den Skalenwerten fünf und zehn eingezeichnet. In der Gesamtansicht in Abbildung 92 auf Seite 289 im Anhang F finden sich auch rot umrandete Cluster. Sie sind zwar eingezeichnete Gruppen, aller-

dings mit einer sehr großen Distanz, so dass sie nicht ohne Skepsis als Gruppen anerkannt werden können, obwohl sie grundsätzlich eine Klammer besitzen.

Man erkennt in Abbildung 92 und auch in den hier beispielhaft dargestellten Ausschnitten (Abbildung 74, Abbildung 75, Abbildung 76) Linien zwischen den unterschiedlichen Dendrogrammen. Grüne Linien verknüpfen Gruppen, die in jeweils zwei Dendrogrammen gleich sind. Dies ist sehr erstaunlich: Es gibt Gruppen, die im Sortierexperiment und in den beiden theoretischen Ähnlichkeitsmaßen identisch sind. Diese bestehen vor allem aus den Teilfunktionen des Abstandsregeltempomaten und der Klimafunktion Umluft zusammen mit deren Automatik. Diese Gruppe der Umluftfunktionen ist in den Ausschnitten (Abbildung 74, Abbildung 75, Abbildung 76) zu sehen.

Rote Linien verbinden Gruppen zwischen den Dendrogrammen, die sich explizit unterscheiden. Man erkennt eine solche rote Linie in Abbildung 76 an der Gruppe der Sitzfunktionen, die Sitzbelüftung und Sitzmassage vereint, während sich die Sitzheizung in einer nicht offensichtlich erklärbaren Gruppe außerhalb des gezeigten Ausschnitts befindet. Erwartungsgemäß verhält sich die Sitzheizung in den Dendrogrammen der künstlichen Ähnlichkeitsmaße, wo sie in der geräteorientierten Gruppierung eng mit Sitzlüftung und Massagefunktion und etwas weiter – eher knapp mit einer Distanz von zehn – mit der Sitzverstellung zusammenfällt, in der anwendungsfallorientierten Gruppierung natürlich ebenfalls eng mit der Sitzlüftung verbunden ist, in der nächsten Stufe aber bereits mit der Lenkradheizung. Das heißt aufgrund der beiden berechneten Ähnlichkeitsmaße gehören Sitzheizung und Sitzbelüftung eng zusammen, im Sortierexperiment offenbar nicht – daher die rote Linie in Abbildung 76.

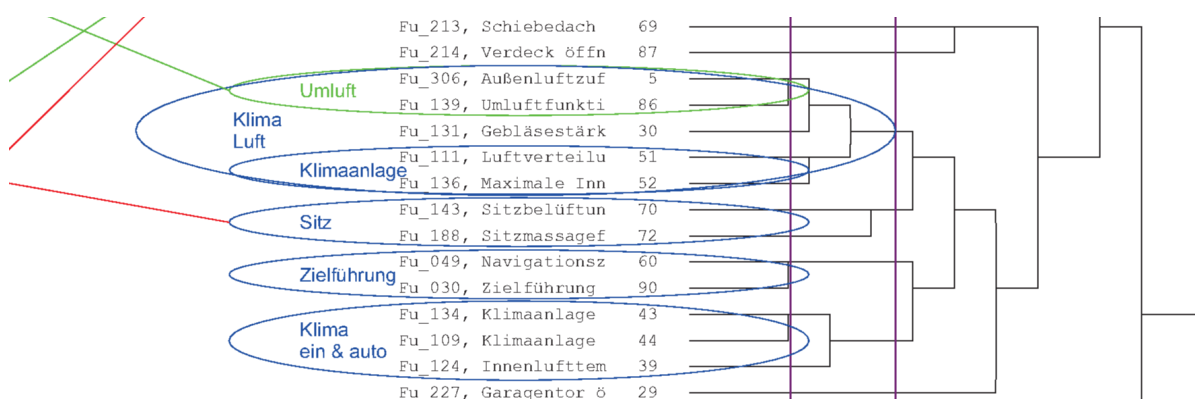


Abbildung 76: Ausschnitt aus dem Dendrogramm des Sortierexperiments über 90 Nutzerfunktionen

Wiederum erwartungskonform verhalten sich beispielsweise die Scheibenabtaufunktionen, welche bei der anwendungsfallorientierten Gruppierung und auch im Sortierexperiment eng zusammengehören, bei der geräteorientierten Gruppierung aber jeweils zusammen mit den Wisch- und Waschfunktionen um die entsprechenden Objekte Front- und Heckscheibe gruppiert sind. Gleiche Gruppen bei den beiden künstlichen Ähnlichkeitsmaßen finden sich besonders dann, wenn Geräte und Anwendungsfall zusammenfallen, wie beispielsweise bei den Komfortklimafunktionen, den Entertainmentfunktionen oder den Telefonfunktionen. Überraschenderweise ist auch die Gruppe der Rangierfunktionen – Abstandsanzeige, Ausfahrts- und Rückfahrkamera – bei geräte- und anwendungsfallorientierter Gruppierung gleich. Im Sortierexperiment zeigen sich diese drei gruppenlos, stehen gar den Telefonfunktionen noch am nächsten. Dies mag damit zusammenhängen, dass diese Funktionen zwar dem Anwendungsfall des Rangierens eindeutig

zuzuordnen sind, ihre Technik aber nicht offensichtlich ist und sie daher keinem physischen Objekt im Fahrzeug zuzuordnen sind.

Überhaupt zeigt das Sortierexperiment wenig exakte Übereinstimmung mit den theoretischen Ähnlichkeitsmaßen – lediglich die kleinen Gruppen „Scheiben abtauen“ und „Scheiben waschen“ sind absolut identisch mit denen der anwendungsfallorientierten Gruppierung. Fasst man die Übereinstimmung etwas weiter, kommen jedoch weitere Ähnlichkeiten zwischen Sortierexperiment und anwendungsfallorientierter Gruppierung zu Tage, wie beispielsweise die Gruppe der Anthropometrie, die Sitz-, Lenkrad- und Spiegeleinstellung zusammenfasst. Wie schon beim Beispiel der Sitzheizung angedeutet, sind diese Funktionen in der geräteorientierten Gruppierung nach ihren Verstellobjekten getrennt.

Generell lässt sich eine geringfügig höhere Übereinstimmung des Sortierexperimentergebnisses mit der anwendungsfallorientierten Gruppierung feststellen, allerdings nicht in einem Maße, das Deubzers Aussage, dass die mentale Begriffsstruktur handlungsbezogenen Kriterien folge (Deubzer 2002, S. 265), nachweisen könnte. Widerlegt wird sie aber natürlich erst recht nicht, daher kann aufgrund des Sortierexperiments in Verbindung mit Deubzers Erkenntnissen durchaus die Empfehlung zu einer eher anwendungsfallorientierten Gruppierung gegeben werden.

Es sei noch hinzugefügt, dass die Gruppierung des Sortierexperiments auch mit dem Ergebnis von Helmer et al. (Helmer 2008, S. 10 ff) mehrere gemeinsame Gruppen hat, soweit die in den jeweiligen Experimenten abgefragten Nutzerfunktionen übereinstimmen. Dies zeigt, dass die hier vorliegende Durchführung des Sortierexperiments in digitaler Form keinen negativen Einfluss auf das Ergebnis hat.

Die theoretische Gruppierung

Die zumindest grundlegende Übereinstimmung der Gruppen zwischen dem Sortierexperiment und der theoretischen, anwendungsfallorientierten Gruppierung, aber auch mit einzelnen Gruppen der theoretischen, geräteorientierten Gruppierung der 90 Nutzerfunktionen des Sortierexperiments zeigt auch, dass die Anwendung des theoretisch berechneten Ähnlichkeitsmaßes grundsätzlich in die richtige Richtung führt. Und auch wenn die Entscheidung für eine anwendungsfallorientierte Gruppierung noch nicht eindeutig getroffen werden kann, zeigt sich zumindest eine Tendenz dorthin.

Aus diesem Grund kann die Berechnung des theoretischen Ähnlichkeitsmaßes weiter verfolgt werden. Analog dem vorangegangenen Abschnitt zeigt die Abbildung 77 einen Ausschnitt aus dem Dendrogramm des anwendungsfallorientierten Ähnlichkeitsmaßes, Abbildung 78 einen Ausschnitt aus dem für das geräteorientierte Ähnlichkeitsmaß, jeweils für die über 300 im Kapitel 4.2 betrachteten Nutzerfunktionen. In beiden Ausschnitten sind beispielhaft die Klimafunktionen gezeigt, soweit sie sich in einem geschlossenen Block wiederfinden. Die beiden kompletten Dendrogramme nebeneinandergestellt zeigt die Abbildung 93 auf Seite 290 im Anhang F.

Es zeigt sich, dass es bei Einbezug aller 300 analysierten Nutzerfunktionen weniger exakt gleiche Gruppen gibt. Die wenigen sind wieder jene, bei deren Nutzerfunktionen Anwendungsfall und Gerät zusammenfallen, beispielsweise Telefon, Abstandsregeltempomat oder die Funktionen zum Sonnenschutz. Das Beispiel der Klimafunktionen zeigt sehr anschaulich, dass kleinere Untergruppen durchaus bei beiden Ähnlichkeitskriterien übereinstimmen, beispielsweise erneut die Gruppe aus Umluftfunktion und ihrer Automatik, dass diese Untergruppen aber nur bei der geräteorientierten Gruppierung zum Klimagerät zusammengefasst werden, wie Abbildung 78 zeigt, bei der anwendungsfallorientierten Gruppierung aber zwischen der Klimatisierung der Umgebungsluft, anderen Funktionen der Klimaanlage – also Lüftungsfunktionen, die nicht direkt

dem Wohlbefinden, sondern anderen Bedürfnissen dienen – und Standbetrieb scharf unterschieden wird, was man in Abbildung 77 erkennt.

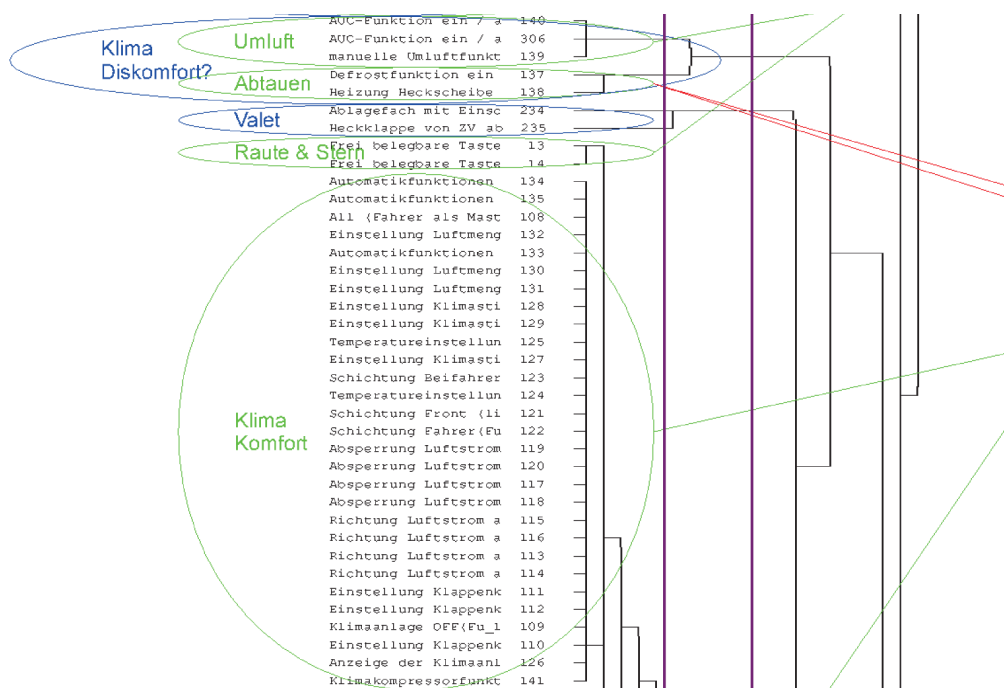


Abbildung 77: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der anwendungsfallorientierten Ähnlichkeit mit 300 Nutzerfunktionen

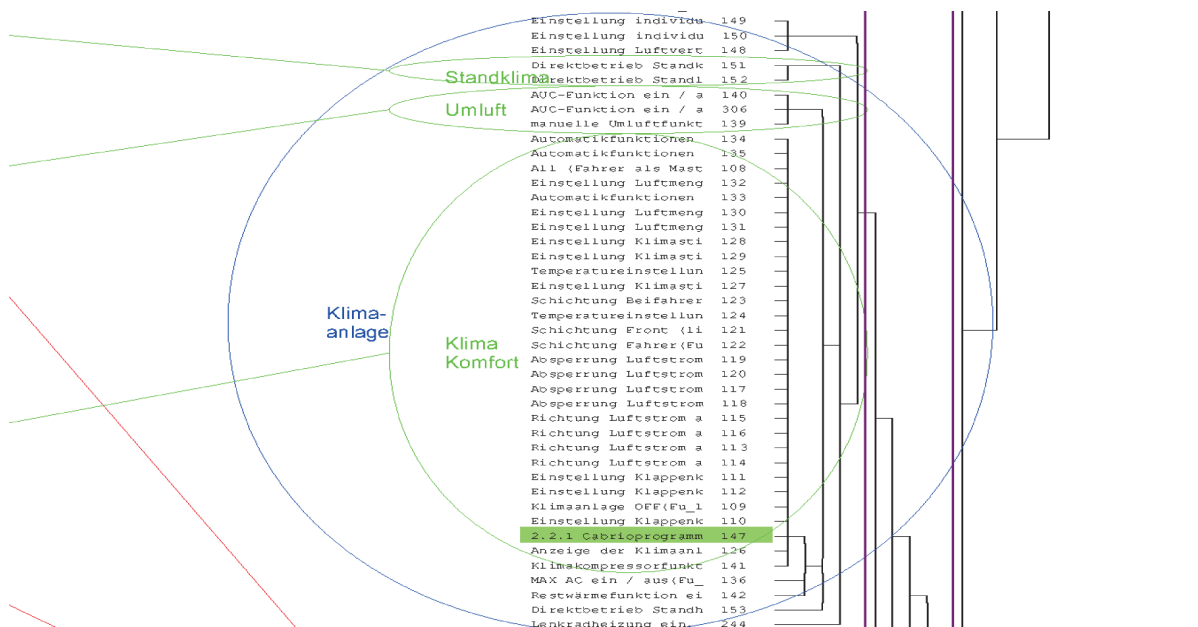


Abbildung 78: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der geräteorientierten Ähnlichkeit mit 300 Nutzerfunktionen

Andererseits verifiziert es die theoretische Methode hinlänglich, dass die Gruppen des geräteorientierten Ähnlichkeitsmaßes tatsächlich relativ genau die normalerweise in Kraftfahrzeugen so eingebauten Geräte nachbilden, und damit, dass die Berechnungsmethode korrekt ist. Auch die

Gruppen des anwendungsfallorientierten Ähnlichkeitsmaßes sind unter dem Aspekt des Einsatzzwecks der Nutzerfunktionen plausibel. Die theoretische, generische Methode zur Erstellung der Funktionsgruppierung ist also in der Lage, abhängig vom vorgegebenen Kriterium alle analysierten Funktionen sinnvoll zu gruppieren.

Konkreter Ortsvorschlag

Wiederum kann aber aufgrund des Ergebnisses beider Ähnlichkeitsmaße keine Entscheidung getroffen werden, ob eine geräteorientierte oder eine anwendungsfallorientierte Gruppierung die aus systemergonomischer Sicht bessere ist. Für den konkret für eine Nutzerfunktion vorgeschlagenen Bedienort wird daher die folgende Rangfolge der hier betrachteten ortsbestimmenden Methoden festgelegt. Dabei ist der höhere Rang ausschlaggebend, das heißt, nur wenn die erste Methode kein Ergebnis für die betrachtete Nutzerfunktion liefert, sollte die zweite Methode herangezogen werden, und so weiter:

1. Gewohnter Ort nach der Analyse realer Fahrzeuge
2. Gruppierung nach Sortierexperiment
3. Gruppierung nach anwendungsfallorientiertem Ähnlichkeitsmaß
4. Gruppierung nach geräteorientiertem Ähnlichkeitsmaß
5. Absoluter Ort nach Wichtigkeit und Häufigkeit

Diese Rangfolge richtet sich im Wesentlichen nach der Belastbarkeit der jeweiligen Methode, wie sie bereits weiter oben im Kapitel 7.3.1 diskutiert wird. Hierbei können empirischen Methoden als belastbarer gelten, da sie den Nutzer direkt abfragen, während bei den theoretischen Methoden eine zwar schlüssige aber nicht unmittelbare Kausalkette angewandt wird. Insbesondere die Methode des gewohnten Ortes verdient ihre hohe Priorität, weil sie nicht einmal den individuellen Abweichungen von Versuchspersonen unterliegt, sondern reale Tatsachen direkt erfasst (vergleiche Kapitel 3). Die Einordnung des anwendungsfallorientierten Ähnlichkeitsmaßes über dem geräteorientierten beruht auf der leichten Tendenz des Sortierexperimentergebnisses zur Anwendungsfallorientierung und – stärker noch – auf Deubzers Aussagen (Deubzer 2002, S. 265). Da sich aber ohnehin eine gewisse Übereinstimmung der empirischen und der theoretischen Methoden zeigt, ist der Zweck der Rangfolge hauptsächlich der, dass die theoretischen Methoden Nutzerfunktionen abdecken, die von den empirischen Methoden nicht erfasst sind.

Es ist dabei relativ häufig der Fall zu erwarten, dass nur eine Funktion einer durch Sortierexperiment oder Ähnlichkeitsmaß festgelegten Gruppe einen gewohnten Ort besitzt. Dies genügt, um die gesamte Gruppe absolut zu platzieren. Konflikte entstehen erst, wenn tatsächlich mehrere Funktionen einer Gruppe unterschiedliche gewohnte Orte besitzen. In diesen Fällen muss anhand der jeweiligen statistischen Daten überprüft werden, welcher gewohnte Ort aufgrund seiner Häufigkeit schwerer wiegt. Erst wenn sich dann immer noch keine eindeutige Entscheidung treffen lässt, sollte der Ortsvorschlag nach Wichtigkeit und Häufigkeit herangezogen werden, da sich diese Methode – wie oben beschrieben – als relativ schwach belastbar herausgestellt hat.

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass der durch die hier beschriebenen Methoden entstandene Ortsvorschlag mit weiteren, spezifischen Anforderungen an bestimmte Nutzerfunktionen in Zusammenhang gebracht werden muss. Beispielsweise kann es bei bestimmten Funktionen erwünscht oder sogar gesetzlich vorgeschrieben sein, dass sie für Kinder unerreichbar oder vor Fehlbetätigung durch das Abstellen von Gegenständen geschützt sind. Diese Anforder-

rungen können zum Teil in direktem Konflikt mit der Auffindbarkeit oder der Erreichbarkeit durch den Fahrer während der Fahrt stehen.

Es sei des Weiteren angemerkt, dass gruppierte Funktionen, beziehungsweise deren Bedienelemente unterscheidbar und unverwechselbar sein müssen.⁵⁴ Auch wenn sie dieselbe Ortsklasse einnehmen, müssen sie untereinander sinnvoll strukturiert und voneinander abgegrenzt werden. Eine Lösung hierfür kann auch die weiter oben in Kapitel 5.5 angesprochene, aber auch am Beispiel „Fahrlicht“ in Kapitel 5.6 aufgezeigte Zusammenfassung mehrerer Funktionen in einem Bedienelement sein.

Abschließend sei bemerkt, dass es abhängig von den Anforderungen der Erreichbarkeit und schnellen Bedienung einer Funktion durchaus sinnvoll sein kann, von den standardisierten Innenraummustern abzuweichen. Der französische Hersteller Citroën beispielsweise hat im CX ab 1974 die sogenannten Bedienungssatelliten eingeführt, welche die Lenkstockhebel völlig ersetzen, dabei aber viele weitere Funktionen in den direkten Fingerradius des Fahrers rückten, also in eine Ortsklasse, die für Handweg und Kopfbewegung jeweils die Klasse eins innehat (vergleiche Abbildung 63 und Abbildung 65). Abbildung 79 a zeigt die Bedienungssatelliten im Citroën CX.

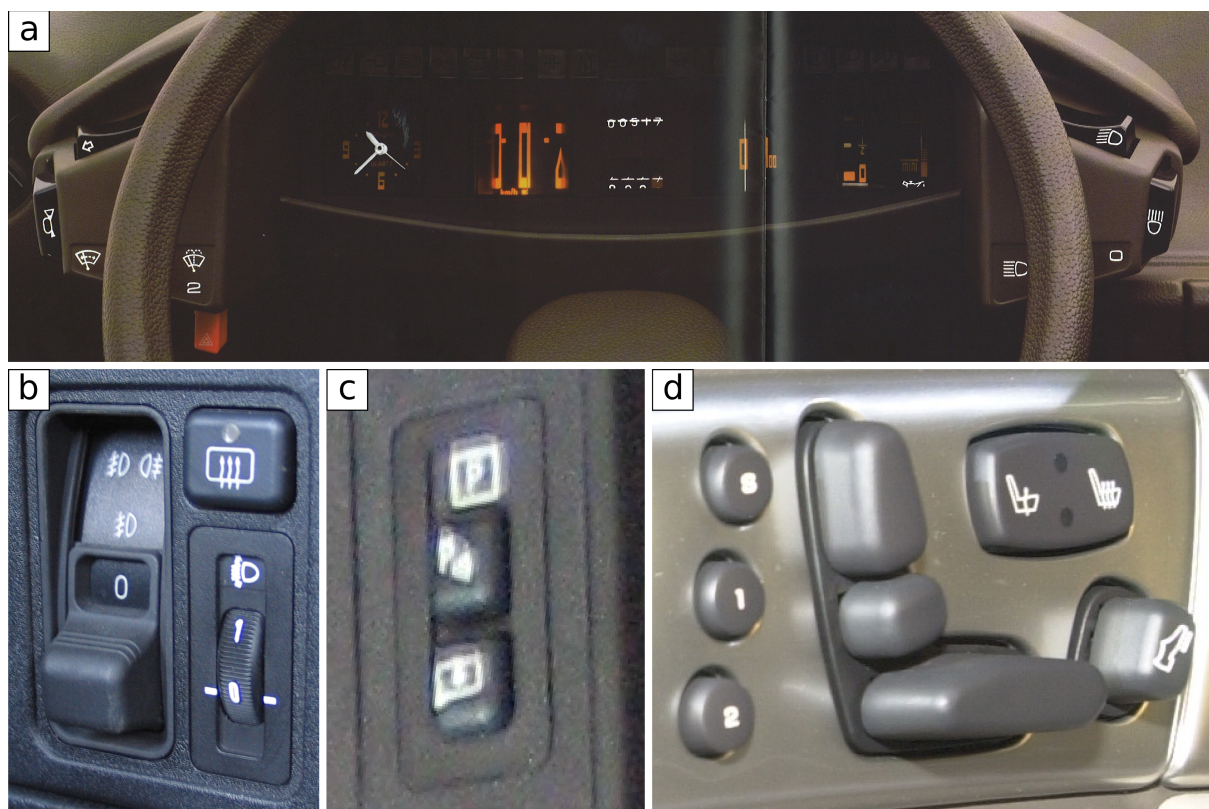


Abbildung 79: Beispiele für ungewöhnliche Bedienorte und anwendungsfallorientierte Gruppierung:
 a: Bediensatelliten des Citroën CX ab 1974 (Citroën 1984), b und c: Bedieninseln „Sicht“ und „Parken“ des BMW 8er von 1989, d: Bedieninsel „Anthropometrie“ des Chrysler Pacifica von 2003

⁵⁴ Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 7. April 2009

Drei weitere Beispiele für ungewöhnliche Funktionsgruppierung zeigt Abbildung 79 in der unteren Zeile: Links (b) eine Gruppe für freie Sicht im BMW 8er von 1989, in der Mitte (c) eine Bedieninsel „Parken“ aus demselben Fahrzeug, welche die Parkabstandsanzeige und das Anklappen der Außenspiegel beherbergt, und rechts (d) die Sitzverstellung in einem Chrysler Pacifica von 2003, die einerseits geräteorientiert mit der Sitzheizung und andererseits auch anwendungsfallorientiert mit der Längsverstellung der Pedalerie gruppiert ist.

7.5 Ergebnisse: Anzeigenorte

Wie schon bei den Anzeigenelementen, die gegenüber den Bedienelementen spürbar weniger systemergonomisch verwertbare Eigenschaften besitzen und für die es daher bei der Suche nach dem optimalen Anzeigenelement – vergleiche Kapitel 6.6 – eine wesentlich unspezifischere Aussage gibt, als bei den Bedienelementen, so gilt auch bei den Anzeigeorten, dass sie gegenüber den Bedienorten weniger verwertbare Eigenschaften aufweisen und dass die Methode zur Feststellung des Anzeigeorts dementsprechend weniger Aussagekraft besitzt. In Kapitel 7.2 wird als Kriterium für die Eignung einer Ortsklasse als Anzeigeort einzig die Entfernung zur Sichtachse des Fahrers festgelegt.

Damit ist die einzige Eigenschaftskonstellation, die hier zu Rate gezogen werden kann, die Korrespondenz zwischen dieser Entfernung zur Sichtachse und der Funktionseigenschaft „Zeitbudget für die Reaktion“ auf die Anzeige – wie beschrieben in Tabelle 29 auf Seite 193. Allein, dass das HeadUp-Display der einzige Anzeigeort mit der Klasse eins ist, macht diesen Weg sehr schwierig.

Zwar ist es grundsätzlich natürlich richtig, dass das HeadUp-Display als einziger Ort direkt im Blickfeld des Fahrers liegt und daher tatsächlich sehr gut geeignet ist für optische Warnungen – nur akute Warnanzeigen besitzen die Zeitbudget-Klasse eins und für sie wird dementsprechend und richtigerweise auch das HeadUp-Display als Anzeigeort von der Methode vorgeschlagen – gerade beim Themenfeld der Warnungen sind aber noch viele weitere Aspekte zu berücksichtigen, wie schon in Kapitel 6.2 ausführlich besprochen.

Da abgesehen vom HeadUp-Display sehr viele Ortsklassen dieselbe Einstufung für die Entfernung zur Sichtachse erhalten, lässt sich die Methode zum Fund des optimalen Anzeigeortes zwar durchführen, liefert aber für die meisten Funktionen eine sehr große Anzahl möglicher Anzeigeorte. Allein dies schmälert ihre Aussagekraft beträchtlich. Und nicht zuletzt ist auch bei der Bestimmung des Bedienortes – vergleiche S. 213 – die Methode nach der Bewertung der Ortsklassen die rang-niedrigste neben den Methoden der Gruppierung und der Gewohnheit.

Die Betrachtung der gewohnten Anzeigeorte in den realen Fahrzeugen – wie sie im Kapitel 3 erfasst werden – liefert ebenfalls nur wenig Information. Circa ein Drittel der erfassten Funktionen besitzt überhaupt keine Anzeige, und ein weiteres Drittel hat eine Anzeige am Ort des Bedienelements – dies sind im Allgemeinen die schon in Kapitel 6.4 beschriebenen Kontrollleuchten. Somit bleibt noch ein Drittel der Funktionen, das eine Anzeige unabhängig vom Bedienelement hat und damit auch überhaupt einen betrachtenswerten gewohnten Ort haben könnte.

Schaut man sich diesen Anteil genauer an, stellt man fest, dass diese Funktionen – abgesehen von einzelnen Ausnahmen wie der Temperaturanzeige der Klimaanlage – entweder in der Instrumentenkombination oder, falls vorhanden, im zentralen Bildschirm des Bildschirmbediensystems angezeigt werden. Abbildung 80 illustriert dies: Sie vergleicht die absolute Häufigkeit der jeweili-

gen Verwendung einer Ortsklasse als Bedienort (orange) und als Anzeige- oder Rückmeldeort (rot).

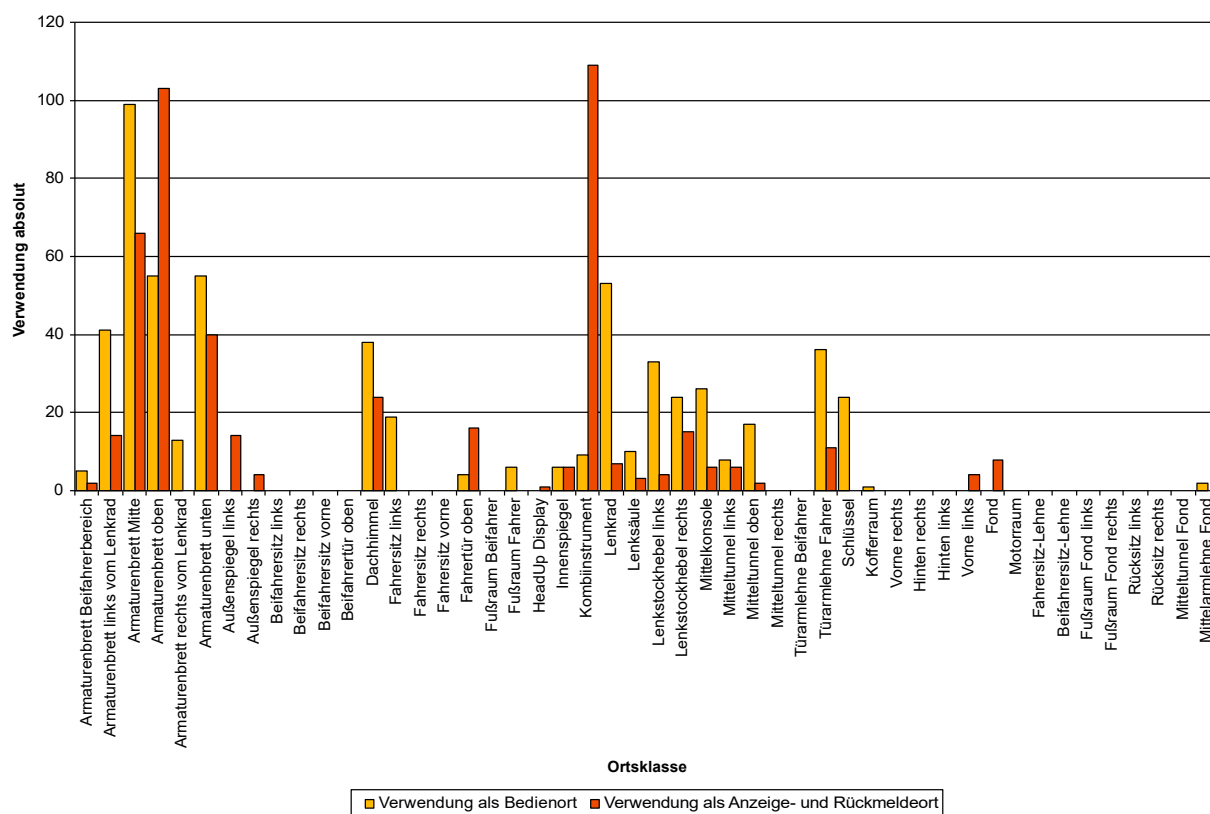


Abbildung 80: Ortsverteilung von Bedien- und Anzeigenelementen in den analysierten realen Fahrzeugen

In Abbildung 80 sieht man, dass die Anzeigenverteilung im Wesentlichen der Bedienelementverteilung folgt – mit den zwei eben schon angesprochenen Ausnahmen. Die hervorstechendste ist natürlich die Instrumentenkombination. Die zweite Spitze befindet sich auf dem „Armaturenbrett oben“, also dem üblichen Ort des Bildschirms eines Bildschirmsystems. Hierzu zählt zum Teil auch noch der Anzeigenort mit der dritthöchsten Häufigkeit, die Armaturenbrett-Mitte, in der einige Hersteller ihre Bildschirmsysteme platzieren. Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass Anzeigeorte in realen Fahrzeugen entweder dem Bedienort entsprechen oder auf Instrumentenkombination oder Bildschirm entfallen.

Dies hat natürlich vor allem technische und ökonomische Gründe: Aus Kostengründen wird einerseits in realen Fahrzeugen gerne auf Anzeigen verzichtet, sobald – wie bereits im Abschnitt „Statusanzeige von Funktionen“ im Kapitel 6.7 besprochen – die Funktion ihren Zustand durch ihre tatsächliche Wirkung anzeigt. Andererseits ist die technische Anzeigeeinheit Bildschirm in der Lage, nahezu alle Anzeigenstereotypen darzustellen, was zusätzliche Anzeigeeinheiten neben dem Bildschirm unter Kostenaspekten überflüssig macht, auch wenn aus systemergonomischer Sicht parallele Anzeigen sinnvoll wären, die sich also nicht auf derselben Anzeigenfläche abwechseln müssen und dadurch in Konkurrenz stehen.

Eben diese systemergonomische Empfehlung kann zumindest aufgrund der hier erarbeiteten Ergebnisse nicht gegeben werden. Das heißt, die hier zusammengefassten systemergonomischen Regeln widersprechen zumindest nicht der Anordnung, die in den realen Fahrzeugen anzutreffen

ist. Es ist grundsätzlich zu befürworten, Anzeige und Bedienung einer Funktion am selben Ort zu platzieren, genauso wie das Ein- und Ausschalten einer Funktion im selben Bedienelement vereint sein sollte, statt räumlich getrennt zu sein – die verdeckungsfreie Sichtbarkeit des Elements natürlich vorausgesetzt.⁵⁵ In diesem Fall folgt die Anzeigengruppierung zwangsläufig der Bedienelementgruppierung, so dass die Empfehlung des vorangegangenen Kapitels hier eine schnelle Auffindbarkeit verspricht. Dies gilt allerdings nur für Anzeigen, die der Fahrer aktiv ansieht, um Information abzufragen.

Durch eine geeignete Anordnung von visuellen Anzeigen soll erreicht werden, daß der Abtastaufwand möglichst gering wird, das Abtasten systematisch erfolgen kann und ein "Übersehen" wichtiger Anzeigen vermieden wird. (Bernotat 1993, S. 570)

Um, wie von Bernotat gefordert, das Übersehen von Anzeigen zu verhindern, die „ungefragt“ Information vermitteln sollen oder müssen – also Warnungen gemäß der Definition in Kapitel 4.3.2 – müssen diese Anzeigen einen Ort einnehmen, an dem sie die Aufmerksamkeit des Fahrers in jeder Situation erregen können – vergleiche auch Kapitel 6.2.3. Wie schon oben angemerkt, ist der ideale Ort dafür das HeadUp-Display, bei dessen Abwesenheit die Instrumentenkombination. Wie aber im Kapitel 6.2 ausführlich diskutiert, ist der Anzeigeort bei Warnanzeigen nur einer von vielen Faktoren.

Zusammengefasst lässt sich folgendes feststellen: Die bereits im Kapitel 6.7 diskutierte Frage, ob jede Funktion eine Statusanzeige haben sollte, muss auch hier weiterhin offen bleiben – wenn sie aber eine hat, dann sollte diese Anzeige denselben Ort wie die Bedienung der Funktion haben, und mit dieser nach den Regeln in Kapitel 2.3.2 gruppiert werden. Sobald eine optische Anzeige Warncharakter besitzt, sollte sie aber ins Blickfeld des Fahrers gerückt werden, wobei im Bezug auf die Auslegung und Gestaltung der Warnanzeige und besonders ihr Potential zur Aufmerksamkeitserregung besondere Vorsicht walten muss.

⁵⁵ Gespräche mit Univ.-Prof. Dr. rer.nat. i.R. Heiner Bubb, Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 19. Februar 2008

8 Gesamtergebnis

An diesem Punkt ist die Betrachtung der wesentlichen Bestandteile eines Anzeige- und Bedienkonzeptes, nämlich vor allem der Bedienelemente, aber auch der Anzeigenelemente und der Orte im Fahrzeugcockpit, an denen beide platziert werden, beendet. Es sind damit die drei zu Beginn in Kapitel 1.2 gestellten Fragen – „Wo?“, „Womit?“ und „Wie genau?“ – abschließend beantwortet. Die erste Frage, also die nach den Bedien- und Anzeigeorten, wird in den Kapiteln 7.4 und 7.5 ausführlich diskutiert, wo insbesondere für den Bedienort mehrere mögliche Feststellungsmöglichkeiten und auch ein konkreter Vorschlag für deren Anwendung aufgezeigt werden.

Die zweite Frage, nämlich die nach der Auswahl eines Bedien- und Anzeigenelements für eine Funktion, wird für die Bedienelemente auf Basis des Baukastens der Bedienelemente im Kapitel 5.6 beantwortet und für die Anzeigenelemente mit dem Baukasten der Anzeigenelemente im Kapitel 6.7 erörtert. Auch hier wird beispielhaft für einige Funktionen eine explizite Empfehlung für ein optimales Bedienelement gegeben. In diesem Zusammenhang wird auch der Beweis für die ebenfalls in Kapitel 1.2 aufgestellte These über die Existenz eines Optimums für Bedienelement und -ort geführt.

Die Antwort auf die dritte Frage, jene nach der Gestaltung und exakten Auslegung von Bedien- und Anzeigenelementen, wird für die Bedienelemente ausführlich im Kapitel 5.4 und für die Anzeigenelemente im Kapitel 6.2.4 gegeben. Für die Anzeigenelemente werden dort eine Anzahl konkreter Richtlinien zur Verfügung gestellt, für die Elemente des Bedienelemente-Baukastens darüber hinaus die exakte Darstellung des semantisch optimalen Stellteils. Für letzteres sei auf die Tabelle 39 im Anhang D beziehungsweise auf deren Auszug in Tabelle 9 im Kapitel 5.3.2 verwiesen, welche alle Baukastenelemente und auch die Abbildungen jener jeweils optimalen Ausführung enthält.

Die zusammenfassende Auflistung aller Teilergebnisse zur Auswahl von Bedienelement und -ort befindet sich für alle analysierten Funktionen in Tabelle 47 im Anhang G auf Seite 291. Ein Auszug aus Tabelle 47 ist in der nachfolgenden Tabelle 34 zu lesen. Diese Auswahl soll anschließend zur weiteren Diskussion der wichtigsten Teilergebnisse und zur Besprechung des Gesamtergebnisses dienen.

In Tabelle 34 – und analog in Tabelle 47 – sind für die Nutzerfunktionen (erste und zweite Spalte) jeweils das nach der beschriebenen Methode optimale (vierte Spalte) und – falls vorhanden – das gewohnte Bedienelement (dritte Spalte) angegeben, sowie gegebenenfalls ein gewohnter Bedienort (fünfte Spalte), ein relativer Bedienort (sechste Spalte) und ein absoluter Bedienort (siebte Spalte). Ein relativer Ort, also eine Gruppierung mit anderen Funktionen kann nur dort eingetragen werden, wo die Analyse von Sortierexperiment und Ähnlichkeitsmaßen eine einigermaßen übereinstimmende und damit sichere Gruppierung ausweist. Ein absoluter Ortsvorschlag aufgrund von Wichtigkeit und Häufigkeit kann dagegen immer abgegeben werden, seine Relevanz ist bereits im Kapitel 7.4 diskutiert. Interessante Abweichungen zu heute üblichen Bedienkonzepten sind in Tabelle 34 hervorgehoben.

Tabelle 34: Auszug aus dem Gesamtergebnis: Gewohntes und optimales Bedienelement, sowie gewohnter, optimaler relativer und optimaler absoluter Bedienort für jede Nutzerfunktion

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Spracheingabesystem ein	Fu_015	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkrad	einzel (Lenkrad)	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
eingehenden Anruf annehmen	Fu_020	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkrad	Gruppe Telefon (Armaturenbrettzentrum links (redundant am Lenkrad))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Navigations-Ansage ein / aus	Fu_069		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Armaturenbrettzentrum links
Audioquellenwahl	Fu_076		St_053;Knebel-schalter	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad	Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
gespeicherten Radiosender aufrufen	Fu_078		St_012;Drehknebel		Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Manuelle Frequenzwahl	Fu_080		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Mittelkonsole links hinten
Nächster / vorheriger Sender	Fu_082;Fu_083	St_096;Wipptaster	St_012;Drehknebel	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben
Defrostfunktion ein / aus	Fu_137	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Abtauen (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Klimaanlage oder Scheibenwischer))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Heizung Heckscheibe ein / aus	Fu_138	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Abtauen (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Klimaanlage oder Scheibenwischer))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Anwahl Sitzlüftungsleistung Fahrer	Fu_143		St_012;Drehknobel		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Anwahl Sitzheizungsleistung Fahrer	Fu_145	St_088;Taster	St_012;Drehknobel	Armaturenbrett unten	Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Massage Sitzfläche ein / aus	Fu_188		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Außenspiegel verstellen	Fu_224	St_023;Dreh-Scheibe;St_056;Kreuzwippe	St_092;Trackball	Türarmlehne Fahrer	Gruppe Anthropometrie (Fahrertür oben (da von außen bedienbar))	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Außenspiegel anklappen	Fu_225	St_088;Taster	St_049;Kippheberschalter		einzel (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Fahrzeug sichern oder Rangieren))	Armaturenbrettzentrum links
Lenkradheizung ein, aus	Fu_244		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben

Die Betrachtung der errechneten optimalen Bedienelemente zeigt zunächst sehr deutlich, dass die Auswahl des generellen Bedienelementtyps – rotatorisch, translatorisch oder quasitranslatorisch – sich im Wesentlichen nach der Anzahl der Möglichkeiten richtet, die eine Funktion bietet. Die ersten sechs Funktionen in Tabelle 34 steigern sich in diesem Merkmal: Für einfaches Auslösen (Fu_015 und Fu_020) ist ein Taster das Optimum, bereits für ein-/aus-Funktionen (Fu_069) ist ein distabiles Element besser, das im jeweiligen Schaltzustand rastet. Schon ab drei bis fünf möglichen Funktionszuständen, wie bei der Wahl der Audioquelle im Auto (Fu_076), schlägt der Algorithmus ein Drehelement vor, um gezielt auswählen zu können und nicht – wie häufig in Fahrzeugen zu finden – durch mehrfaches Drücken derselben Taste nur schrittweise zum Ziel zu kommen. Zur Auswahl aus Senderlisten (Fu_078) wird ein Rotationselement mit höherer Raststufenauflösung vorgeschlagen und zur Feinjustage eines prinzipiell analogen Wertes (Fu_080) schließlich verschiedene Endlossteller.

Da die letzteren Funktionen in modernen Fahrzeugen häufig in Menüsystemen untergebracht sind, werden sie in diesen Fällen tatsächlich zumeist über Endlosdrehsteller bedient, allerdings

nicht im direkten Zugriff, sondern im Anschluss an die entsprechenden Menüpfade. Distabile Bedienelemente sind dagegen fast vollkommen aus den Automobilen verschwunden. Außerdem an den ersten beiden Funktionen in Tabelle 34 interessant und deswegen markiert ist, dass die Klassifikation nach Wichtigkeit und Häufigkeit ihnen nicht den exponierten Platz auf dem Lenkrad einräumt, den sie in den meisten Fahrzeugen innehaben. Da hier aber mit dem Lenkrad ein gewohnter Bedienort vorliegt, sollte diesem, wie schon in Kapitel 7.4 festgelegt, der Vorrang gewährt werden.

Weiterer Betrachtung wert ist der Vorschlag des Drehknebels für die Funktion, Sender oder Titel tatsächlich schrittweise vor- und zurückzuschalten (Fu_082 und Fu_083). Natürlich findet hier prinzipiell genau wie bei der Senderliste (Fu_078) eine Auswahl aus vielen Sendern statt, allerdings ist in diesem Fall nicht klar festzustellen, ob der Benutzer diese Funktion nicht eher als rein schrittweises Auswählen wahrnimmt und auch als solche benutzt. Falls es dem Benutzer tatsächlich nur darum geht, den „nächsten“ Sender zu hören und nicht „einen bestimmten“, dann ist das gewohnte Element des Wipptasters auch aus systemergonomischer Sicht das optimale.

Auch wenn unter diesen Umständen, nämlich der zum Teil nicht eindeutig feststellbaren Funktionsauslegung, keine eindeutige Empfehlung für jede einzelne Funktion gegeben werden kann, so ist es auf jeden Fall ratsam, sich bei Funktionstypen innerhalb desselben Fahrzeugs immer gleich zu entscheiden, also an einer gewissen Philosophie festzuhalten. Das bedeutet, wenn man sich bei bestimmten ein-/aus-Funktionen aufgrund von zum Beispiel Fernsteuerbarkeit für Drucktaster statt Druck- oder Kippschalter entscheidet, dann sollte man das im selben Fahrzeug für alle ein-/aus-Funktionen tun, obwohl eventuell nicht alle der Fernsteuerbarkeit unterliegen. Da der Benutzer stets mit dem gesamten Fahrzeug interagiert, wiegt der Vorteil der konsequenten und damit nachvollziehbaren Anwendung eines Prinzips schwerer als der Vorteil des zumindest teilweise eingesetzten Optimums bei nur einzelnen Funktionen, deren Umstände dies erlauben.

Hinzugefügt sei die Kompromisslösung, ein-/aus-Funktionen durch monostabile Elemente mit zwei Schaltpunkten zuzüglich Nullstellung zu bedienen, speziell durch Kipphebeltaster (St_050) oder Wipptaster (St_096). Beide Elemente ermöglichen zwar nicht das Ablesen des Funktionszustandes ohne entsprechende Statusanzeigen, besitzen aber bei korrekter Auslegung gezielte Bedienhandlungen für den jeweils erwünschten Zustand – Kipphebeltaster nach oben drücken schaltet ein, nach unten drücken schaltet aus – und sind dennoch fernsteuerbar. Dies kann sehr sinnvoll sein, wenn durch Mehrfachdrücken eines Tasters – bei dem die Bedienhandlung für Ein- und Ausschalten dieselbe ist – versehentlich oder in Unkenntnis des Ausgangszustands ein Funktionszustand fälschlich geschaltet wird und dies größere Konsequenzen hat, beispielsweise beim Lösen oder Anziehen einer elektrischen Feststellbremse.

Der neben der Auswahl des Bedienelements zweite erwähnenswerte Punkt ist die Gruppierung bestimmter Funktionen. In der Abbildung 81 ist die Gruppe „Audio“ zu sehen. Nachweislich zur Gruppe „Audio“ gehören nur die Funktionen Lautstärke (Fu_305, siehe auch Kapitel 5.6, Abschnitt Lautstärke), CD-Auswurf (Fu_092) und die auch in Tabelle 34 schon hervorgehobene Audioquellenwahl (Fu_076) und der Aufruf eines gespeicherten Radiosenders (Fu_078). Alle Funktionen sind mit dem berechneten optimalen Bedienelement dargestellt, beziehungsweise mit dessen fernsteuerbarer Entsprechung, also dem Endlosdrehsteller mit Lichtindex (vergleiche Kapitel 5.3.4). Insbesondere die Auswahl von Audioquelle und Sender ist hier jeweils mit diesem ungewöhnlich wirkenden Endlosdrehsteller gezeigt, was zwar sehr viel Fläche einnimmt, aber eben die direkte Anwahl eines von in diesem Fall fünf beziehungsweise acht Elementen ermöglicht. Die Reduktion auf acht Elemente dient hier nur dem Beispiel. Prinzipiell lassen sich

auch mehr Elemente anwählen, wobei es selbstverständlich eine Grenze gibt, ab der eine Liste in einem Bildschirmsystem mit dessen Bedienmethode (vergleiche Kapitel 5.6, Abschnitt Bildschirmbedienung) handlicher ist als die kreisförmige Anordnung um einen Endlosdrehsteller. Es gibt eine Anzahl weiterer Funktionen, die man spontan der Gruppe „Audio“ zuordnen möchte, wie beispielsweise die Senderweitschaltung (Fu_082 und Fu_083), aber sie gruppieren sich in den Dendrogrammen nicht so eng zur Kerngruppe, wie man es erwarten könnte. Freilich zeigen die loseren Verbindungen immer noch auf „Audio“, weswegen einer Zusammenfassung aller verwandten Funktionen nichts im Wege stünde, streng genommen sind diese Funktionen aber frei, wenn man alle Gruppierungsmethoden berücksichtigt, weil sich dann keine übereinstimmende Gruppierung ergibt.



Abbildung 81: *Bedienfeld der Gruppe „Audio“ mit den Funktionen Lautstärke, CD-Auswurf, Audioquellenwahl und der Auswahl aus hier acht gespeicherten Sendern.*

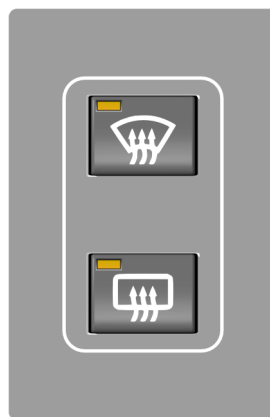


Abbildung 82: *Bedienfeld der Gruppe „Abtauen“ mit der Frontscheibenabtauung und der Heckscheibenheizung*

Ein weiteres interessantes Gruppierungsbeispiel ist die Gruppe „Abtauen“. Die Funktionen „Frontscheibe abtauen“ (Fu_137) und Heckscheibenheizung (Fu_138) sind explizit nicht Teil der Gruppe „Klimaanlage“. Sie bilden zunächst eine sehr enge eigene Gruppe „Abtauen“, wie in Abbildung 82 zu sehen, und schließen sich erst danach einer anderen Gruppe grob an, nämlich

geräteorientiert und auch gewohnt der Klimaanlage, oder aber anwendungsfallorientiert den anderen Klarsichtfunktionen wie dem Scheibenwischer oder gar der Nebelbeleuchtung, ähnlich wie in Abbildung 79 b auf Seite 214 gezeigt. Die Dendrogramme legen auch eine gewisse Nähe zur Umluftautomatik dar. Geräteorientiert gehört die Gruppe „Abtauen“ tatsächlich der Gruppe „Klimaanlage“ an, weil das Klimagerät zumindest bei der Frontscheibe die Funktion des Abtauens übernimmt. Die Heckscheibenheizung ist technisch gesehen eine völlig unabhängige, elektrische Heizung, bindet sich aber anwendungsfallorientiert so eng an die Frontscheibenabtauung, dass sie mit zur Klimaanlage wandern könnte.

Einen gewissen Zwiespalt in der Gruppierung werfen Sitzheizung und -lüftung (Fu_145 und Fu_143) auf, die in sich freilich eine eigene und klare Gruppe bilden, zu der aber aus anwendungsfallorientierter Sicht auch die Massagefunktion (Fu_188) und die Lenkradheizung (Fu_244) gehören, und die sich in der nächsthöheren Ebene entweder geräteorientiert der Sitzverstellung oder anwendungsfallorientiert der Klimaanlage zuordnen lassen. Ausschlaggebend ist in diesem Fall der gewohnte Ort, der sich unten am Armaturenbrett befindet, also in der Nähe der Klimaanlage, die sich dort ebenfalls gewohnterweise befindet. Die Abbildung 83 zeigt diese Gruppe „Sitzkomfort“. Die enge Zusammengehörigkeit von Sitzheizung und -lüftung ist hier noch dadurch verstärkt, dass beide zu einem gemeinsamen Temperaturkontinuum zusammengefasst sind.



Abbildung 83: *Bedienfeld der Gruppe „Sitzkomfort“, enthält die Sitzheizung und -lüftung, hier zu einem gemeinsamen Kontinuum zusammengefasst, die Sitzmassage und die Lenkradheizung*

Ein weiteres Beispiel für den Widerspruch der verschieden gewichteten Ähnlichkeitsmaße ist das Gerät „Außenspiegel“, dessen Einstellung (Fu_224) sich anwendungsfallorientiert mit der Sitz- und Lenkradeinstellung zur Gruppe „Anthropometrie“ zusammenfindet, und dessen Anklappen zum Abstellen des Fahrzeuges (Fu_225) zwar lose aber noch am ehesten zu „Fahrzeug sichern“ oder „Rangieren“ zählt, wie bereits in Abbildung 79 c auf Seite 214 gesehen. Bei der Einstellung der Außenspiegel ist außerdem das vorgeschlagene optimale Bedienelement von Interesse, nämlich der Trackball, der eine Lagesteuerung erlaubt, also eine präzisere und nicht dynamische Bedienung im Gegensatz zur bei allen untersuchten Fahrzeugen festgestellten Geschwindigkeitssteuerung (vergleiche Kapitel 2.1.3).

Die Abbildung 84 zeigt einen graphischen Vorschlag für die Gruppe „Anthropometrie“. Man erkennt, dass Sitz-, Lenkrad- und Spiegelverstellung in einer einigermaßen der Realität entsprechenden und damit kompatiblen relativen Position um den symbolisierten Fahrer angeordnet sind. Idealerweise ist dieses Bedienfeld so im Fahrzeug platziert, dass seine Ausrichtung der tatsächlichen Ausrichtung der Elemente und des Fahrers entspricht, also auf einer Fläche, die parallel zur Fahrzeugflanke liegt. Vorgeschlagen wird die Fahrertür, da sie diese Anforderung erfüllt und es außerdem ermöglicht, dass der Sitz und das Lenkrad schon vor dem Einsteigen bedient

werden können, was zur Einstiegserleichterung insbesondere bei wechselnden Fahrern wichtig sein kann.

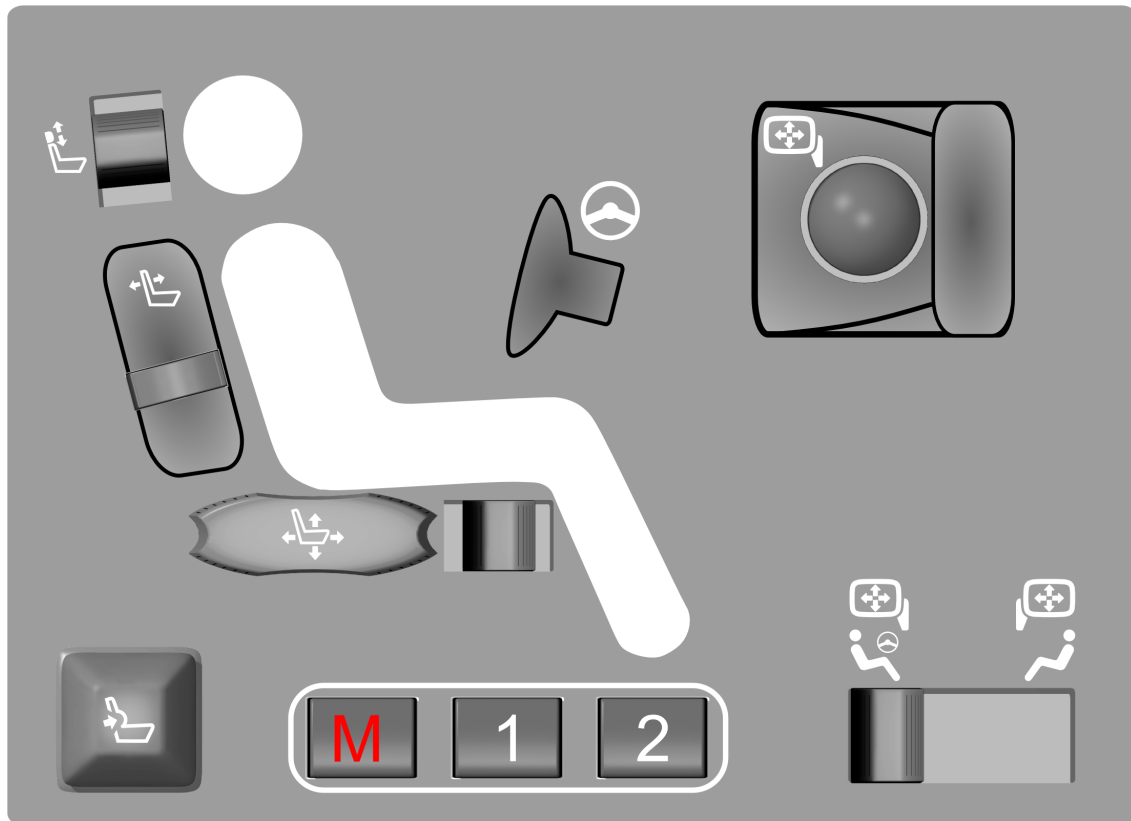


Abbildung 84: *Bedienfeld der Gruppe "Anthropometrie", enthält die Sitz-, Lenkrad und Spiegelverstellung sowie die Abspeicherung dieser Einstellungen*

Generell finden sich mehrere, kleinere Gruppen, die zwar in sich völlig eindeutig sind, deren Zuordnung zu anderen Gruppen und somit deren Zuweisung zu einem absoluten Ort sich jedoch nicht klar abzeichnen, weil sich die anwendungsfallorientierte und die geräteorientierte Gruppierung stellenweise widersprechen. Auch hier gilt die Empfehlung, eine bestimmte Philosophie einzuhalten, sich also einmal für das gesamte Fahrzeug für oder gegen Anwendungsfallorientierung zu entscheiden. Wo keine allgemeine Gewohnheit wirkt, kann so zumindest für den einzelnen Benutzer eine lokal – das heißt für das eine Fahrzeug – gültige Gewohnheit geschaffen werden und damit die Möglichkeit, ein Grundprinzip, oder die Philosophie, innerhalb des Fahrzeugs zu übertragen. Es sei die Feststellung aus Kapitel 7.3.1 beziehungsweise Kapitel 7.4 wiederholt, dass die anwendungsfallorientierte Gruppierung aus systemergonomischer Sicht die besser geeignete ist.

Die Anwendung aller Empfehlungen bezüglich Bedienelement und -ort führt schließlich zu einem Gesamtergebnis (siehe Tabelle 47 im Anhang G auf Seite 291) beziehungsweise zu einem Zwischenergebnis des Entwicklungsprozesses, das – wie bereits in den Grundgedanken in der Einleitung erwähnt (siehe S. 36) – weiterer Schritte zur Vollendung bedarf.

Die hier angestellten Betrachtungen sind trotz der großen Anzahl an einbezogenen Aspekten nur ein Teil der Fahrzeugentwicklung. Beispielsweise bräuchte die strikte Befolgung der Ortsvorschlüsse eine viel zu hohe Dichte an Bedienelementen in den Ortsklassen. Das liegt an der in Kapitel 5.5 festgelegten Prämisse, dass jede Funktion einzeln betrachtet wird, in diesem Entwurf

also keine der analysierten Funktionen in ein Bildschirmbediensystem verlegt wird. Das ist allein unter den räumlichen Randbedingungen in einem Kraftfahrzeug natürlich schwer realisierbar und kann nur bei einem überschaubaren Funktionsumfang gelingen.

Man erkennt in Abbildung 81, Abbildung 82, Abbildung 83 und Abbildung 84 auch, dass hier natürlich kein hoher Anspruch an Design und Ästhetik verfolgt wird. Zweifellos besitzen die Bedienelemente im Einzelnen und auch die Bedieninseln im Ganzen eine Gestaltung, jedoch beruht diese allein auf den im Rahmen dieser Arbeit festgestellten und erarbeiteten Gestaltungsregeln, welche ausschließlich systemergonomische Ziele verfolgen. Die Beschreibung der Gestalt im Kapitel 5.4 lässt aber noch genügend Spielraum für designerische Freiheit und muss nicht als Zwang zu trockenem, sachlichem Innenraum-Design verstanden werden, denn sie legt nur bestimmte Gestaltmerkmale fest, während sie andere völlig frei lässt. Beispielsweise wird eine Markierung der Berührfläche durch Riffelung vorgeschlagen – jene kann aber auch durch Materialwechsel, sonstige Formelemente oder simple Einfärbung erreicht werden, so dass der Designentwicklung alle Möglichkeiten offen stehen.

Auch im generellen Produktentwicklungsprozess eines Kraftfahrzeugs sind Arbeitspakete vor und nach der Entwicklung des Anzeige- und Bedienkonzepts durchzuführen. Schließlich sind stets weitere Aspekte wie Design, Herstellungskosten und verfügbarer Bauraum zu betrachten, deren Ziele eventuell mit den hier formulierten in Konflikt stehen werden.

So soll diese Arbeit Anhaltspunkte für die systemergonomische Auslegung eines Fahrzeugcockpits liefern, will sich jedoch nicht anmaßen, eine alleinige Betrachtungsweise zu sein oder gar ein fertiges Fahrzeugcockpit hervorzubringen, sondern lediglich ihren Beitrag zu einem Teil des Weges liefern. Nichtsdestoweniger können die hier gewonnenen Erkenntnisse einen bescheidenen Einfluss auf die systemergonomische Fortentwicklung von Kraftfahrzeugen nehmen. Entwickeln zukünftiger Fahrzeuge seien daher die hier vorgestellten Werkzeuge und Erkenntnisse hiermit an die Hand gegeben.

9 Ausblick

Nach diesem Fazit bleibt noch der Ausblick auf die Fortführung oder mögliche Erweiterung dieser Arbeit durch nachfolgende. Ein sehr interessanter Punkt wäre zum Beispiel die empirische Überprüfung eines nach den hier erarbeiteten Grundsätzen gestalteten Anzeige- und Bedienkonzeptes in einer Nutzerstudie. Aufgrund der rein theoretischen, logischen Herleitung der Erkenntnisse dieser Arbeit wird eine solche Studie in ihrem Rahmen nicht durchgeführt, und nicht zuletzt auch, weil zur Entwicklung eines testbaren Fahrzeugcockpits entsprechend den Ausführungen im vorangegangenen Kapitel noch eine große Anzahl weiterer Schritte nötig wäre. Sollten die Ergebnisse dieser Arbeit ihren Einfluss auf tatsächlich zu entwickelnde Fahrzeuge nehmen, könnten Nutzerstudien mit diesen Fahrzeugen in der mittelfristigen Zukunft durchaus interessant sein und zu weiteren neuen Erkenntnissen führen.

Sehr interessant könnte auch die Durchführung eines sehr viel breiter angelegten Sortierexperiments sein. Für die Festlegung der Gruppierung aller Nutzerfunktionen wäre hier zum Beispiel ein neues Sortierexperiment denkbar, das zum einen alle Funktionen umfasst, zum anderen eine größere Gruppe von Versuchspersonen mit einbezieht. Allerdings ist das nicht ganz einfach, da bereits das hier vorliegende Sortierexperiment mit der Anzahl der abgefragten Funktionen an die Grenze des sinnvoll Durchführbaren geht. Mehr Funktionen zu sortieren ist einer Versuchsperson schlichtweg nicht zumutbar. Daher müsste einem solchen, größer angelegten Experiment eine psychologische beziehungsweise statistische Methodenentwicklung vorausgehen, die das Sortierexperiment selbst erweitert, indem sie beispielsweise die Möglichkeit schafft, den Funktionssatz so aufzuteilen, dass nicht jede Versuchsperson alle Funktionen sortieren muss. Eine solche Möglichkeit ist zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit noch nicht in Sicht.

Die Feststellung der Gewohnheit anhand der Analyse von realen Fahrzeugen im Rahmen dieser Arbeit basiert auf reinem Abzählen – zugrunde liegt die Annahme, dass schiere Marktmacht Gewohnheit schafft. Hier könnte aber auch ein anderer Ansatz zur Erfassung der Gewohnheit von Autofahrern und des Einflusses auf das Nutzerverhalten nützlich sein. So könnten im Rahmen der psychologischen Mensch-Modelle die Gründe der Gewohnheit und die Möglichkeiten, sie aufzubauen und zu nutzen, von Interesse sein. Einige dieser Modelle werden in dieser Arbeit

angeschnitten, jedoch wäre eine intensive und alleinige Auseinandersetzung mit ihnen unter dem Aspekt der Gewohnheit sicherlich sinnvoll.

Zuletzt sei ein Auge auf die Möglichkeit einer Baukasten-Software für den Fahrzeugentwicklungsprozess geworfen. Ein solches Werkzeug hätte die Aufgabe, die oben schon angesprochenen Entwickler von Fahrzeugen und deren Innenräumen mit den hier gewonnen Erkenntnissen zu versorgen und dabei beispielsweise so in die ohnehin bestehenden Entwicklungswerkzeuge zu integrieren, dass der Entwickler zum richtigen Zeitpunkt mit der richtigen Information versorgt wird. Zum Beispiel könnte so eine Software bei der Gestaltung eines Tachometers die hier angestellten Überlegungen zur Anzeigenintegration bereitstellen. Die Gestaltung einer solchen Software bedarf natürlich für sich allein schon des intensiven Einsatzes der Systemergonomie, speziell der Softwareergonomie als deren Teilgebiet.

Ein solches Werkzeug könnte so weit gehen, dass es in der 3D-Entwicklungsumgebung (CAD) selbst die Anzeige- und Bedienelemente aus dem Baukasten zur Verfügung stellt, so dass beispielsweise die hier vorgestellten, aus systemergonomischer Sicht optimal gestalteten Bedienelemente inklusive der richtigen anthropometrischen Maße und Greifräume direkt in eine neu zu konstruierende Bedienblende übernommen werden können. Der Vorschlag des optimalen Bedienelements für eine Funktion könnte genauso angeboten werden, wie die grundlegenden Gestaltungsregeln und alle sonstigen systemergonomischen Anforderungen.

All diese Überlegungen sollen hier aber nur einen Anstoß geben. Mit diesem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Forschungsthemen sei diese Arbeit an dieser Stelle abgeschlossen.

Literaturverzeichnis

- Apple 2008: APPLE INC. (Hrsg.): *Apple Human Interface Guidelines*. (2008)
- Bernotat 1993: BERNOTAT, RAINER: Anzeigengestaltung. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 563 – 574
- Birger 2007: BIRGER, MARKUS: *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur auditiven Anzeige von Informationen im Fahrzeug*; Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Diplomarbeit (2007)
- BMW 2011: BMW GROUP: *Ergebnispräsentation Platzierungsstudie*, internes Dokument , unveröffentlicht (2011)
- Bubb 1993 a: BUBB, HEINER AND SCHMIDTKE, HEINZ: Systemstruktur. In: HEINZ SCHMIDTKE (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 305 – 333
- Bubb 1993 b: BUBB, HEINER: Informationswandel durch das System. In: HEINZ SCHMIDTKE (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 333 – 390
- Bubb 1993 c: BUBB, HEINER: Systemergonomische Gestaltung. In: HEINZ SCHMIDTKE (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 390 – 420
- Bubb 2003: BUBB, HEINER: Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit?. In: *VDI-Bericht*, Nr. 1768; (2003) – S. 25 – 44
- Bubb 2007: BUBB, HEINER: Ergonomie und Design. In: ULRICH SEIFFERT (Hrsg.): *Automobildesign und Technik*; Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (2007) – S. 240 – 263
- Bullinger 1997: BULLINGER, HANS-JÖRG AND KERN, PETER AND BRAUN, MARTIN: Controls. In: GAVRIEL SALVENDY (Hrsg.): *Handbook of human factors and ergonomics*; John Wiley & Sons, Inc. (1997) – S. 697 – 728
- Campbell 2004: CAMPBELL, J. L., RICHMAN, J. B., CARNEY, C., AND LEE, J. D. (Hrsg.): *In-Vehicle Display Icons and Other Information Elements*. Volume I: Guidelines. (2004)
- Citroen 1984: CITROËN: *Werbeprospekt Citroën CX*. (1984)

- Deubzer 2002: DEUBZER, ELKE MARIA: *Die Ordnung im Kopf – Begriffliche Wissensstrukturen zur Entwicklung benutzerorientierter Anordnungen von Funktionen im Raum*; Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, Dissertation (2002)
- DIN 43802 t2: DEUTSCHE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION IM DIN UND VDE (DKE) (Hrsg.): *Strichskalen und Zeiger für anzeigende elektrische Meßgeräte, Allgemeine Regeln*. DIN 43 802 Teil 2 Jan 1991. (1991)
- DIN 43802 t3: DEUTSCHE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION IM DIN UND VDE (DKE) (Hrsg.): *Strichskalen und Zeiger für anzeigende elektrische Meßgeräte, Ausführungen und Maße*. DIN 43 802 Teil 3 Jan 1991. (1991)
- DIN 43802 t4: DEUTSCHE ELEKTROTECHNISCHE KOMMISSION IM DIN UND VDE (DKE) (Hrsg.): *Strichskalen und Zeiger für anzeigende elektrische Meßgeräte, Skaleneinteilung und Bezifferung*. DIN 43 802 Teil 4 Jan 1991. (1991)
- DIN EN 60073: DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNGEN E.V. UND VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E.V. (Hrsg.): *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung*. Ref. Nr. DIN EN 60073. (2002)
- DIN EN 60447: DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNGEN E.V. UND VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E.V. (Hrsg.): *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung – Bedienungsgrundsätze*. Ref. Nr. DIN EN 60447. (2004)
- DIN EN 894-3: NORMENAUSSCHUSS ERGONOMIE (FNERG) IM DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (Hrsg.): *Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen, Teil 3: Sicherheit von Maschinen*. Ref. Nr. DIN EN 894-3 : 2000-06. (2000)
- DIN EN ISO 15008: DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNGEN E.V. (Hrsg.): *Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen*. Ref. Nr. DIN EN ISO 15008:2003-10. (2003)
- Eckstein 2000: ECKSTEIN, LUTZ: *Entwicklung und Überprüfung eines Bedienkonzepts und von Algorithmen zum Fahren eines Kraftfahrzeugs mit aktiven Sidesticks*; Universität Stuttgart, Fakultät Verfahrenstechnik und Technische Kybernetik, Dissertation (2000)

- Eckstein 2008: ECKSTEIN, LUTZ AND KNOLL, CHRISTIAN AND KÜNZNER, HERMANN AND NIEDERMAIER, BERNHARD AND SCHUMANN, JOSEF: Interaktion mit Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen im neuen 7er BMW. In: (Hrsg.): *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme*; Copyright VDI Verlag GmbH, Düsseldorf (2008)
- Ehrlenspiel 2007: EHRENSPIEL, KLAUS; EHRENSPIEL, KLAUS (Hrsg.): *Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*; Carl Hanser Verlag München Wien (2007)
- Fricke 2008: FRICKE, NICOLA: HMI-Design: Warnsignale vs. Alarme – Was brauchen wir wirklich?. In: (Hrsg.): *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme*; Copyright VDI Verlag GmbH, Düsseldorf (2008)
- Geiger 1998: GEIGER, MICHAEL: *Grundlagen für ein integriertes Bedienkonzept im Fahrzeug*; Technische Universität München, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Prof. Dr. rer. nat. Manfred Lang, Diplomarbeit (1998)
- Goetz 2007: GÖTZ, MATTHIAS: *Die Gestaltung von Bedienelementen unter dem Aspekt ihrer kommunikativen Funktion*; Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Dissertation (2007)
- Haeberle 1999: HÄBERLE, CHRISTOPH J.: *Farben in Europa, Zur Entwicklung individueller und kollektiver Farbpräferenzen*; Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, Design, Kunst- und Musikpädagogik, Druck, Dissertation (1999)
- Hajos 1993: HAJOS, ANTON: Sinnesleistungen und Wahrnehmung. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 58 – 74
- Haller 2001: HALLER, RUDOLF: Wie erreicht man, dass der Fahrer Herr der Situation bleibt?. In: JÜRGENSOHN, THOMAS AND TIMPE, KLAUS-PETER (Hrsg.): *Kraftfahrzeugführung*; Jürgensohn, Thomas and Timpe, Klaus-Peter (2001) – S. 11 – 38
- Helmer 2008: HELMER, THOMAS AND SCHWERIGERT, MANFRED AND LINDBERG, THOMAS AND BUBB, HEINER: Erwartungsbasierte Gruppierung von Fahrerassistenzsystemen aus Sicht des Fahrers. In: (Hrsg.): *Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme*; Copyright VDI Verlag GmbH, Düsseldorf (2008)
- Helmert 2003: HELMERT, JENS AND MARX, JOHANNES: *Schneller als Gedanken: Blickbewegungen bei Gefahr!*; TU Dresden (2003)

- ISO 16951: INTERNATIONAL STANDARD ISO (Hrsg.): *Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Procedures for determining priority of on-board messages presented to drivers*. ISO/TS 16951:2003(E). (2003)
- ISO 2575: INTERNATIONAL STANDARD ISO (Hrsg.): *Road vehicles – Symbols for controls, indicators and tell-tales*. Ref. Nr. ISO 2575:2004(E). (2004)
- Juergensohn 2001: JÜRGENSOHN, THOMAS AND TIMPE, KLAUS-PETER; JÜRGENSOHN, THOMAS AND TIMPE, KLAUS-PETER (Hrsg.): *Kraftfahrzeugführung*; Springer (2001)
- Kiss 2002: KISS, M. AND WITTMANN, M. AND GUGG, P. AND NEIDHART, M. AND PÖPPEL, E. AND DEUBZER, E. AND HIROYUKI, K.: Kognitive Landkarten des Automobilcockpits als grundlegendes Designtool. In: *VDI Fortschritt-Berichte*, Reihe 22, Entwerfen und Gestalten, 5. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, vom 8. bis 10. Oktober 2003, ZMMS Spektrum Band 18; (2002) – S. 456 – 467
- Knoll 2006: KNOLL, CHRISTIAN M.: *Einfluss des visuellen Urteils auf den physisch erlebten Komfort am Beispiel von Sitzen. Ein Beitrag zu dem Verhältnis von Ergonomie und Industriedesign.*; Technischen Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie, Dissertation (2006)
- Kuijs 2008: KUIJS, HENDRIK: *Entwicklung und Implementierung einer grafischen Notation für mechanische Benutzerschnittstellen*; Hochschule Furtwangen, Masterarbeit (2008)
- Lermer 2009: LERMER, RAMONA AND MÜLLER, STEPHAN: *Anzeigemodalitäten, Konzept.*; (2009) Unveröffentlicht
- Lermer 2010: LERMER, RAMONA: *Konzeption und Bewertung eines fahrsituations- und fahrerleistungsadaptiven Warn- und Informationsmanagers*; Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der Universität der Bundeswehr München, Dissertation (2010)
- Lindemann 2005: LINDEMANN, UDO: *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden*; Springer (2005)
- MacKenzie 1992: MACKENZIE, SCOTT: Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human-Computer Interaction. In: *Human Computer Interaction*, Volume 7; (1992) – S. 91 – 139

- Mecking 2004: MECKING, MICHAEL: *Strategisches Anzeige- und Bedienkonzept für Fahrzeuge der Marke BMW*; (2004) Unveröffentlicht
- Milicic 2010: MILIČIĆ, NATAŠA: *Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug*; Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Dissertation (2010)
- Muehlstedt 2007: MÜHLSTEDT, JENS AND UNGER, HOLGER AND SPANNER-ULMER, BIRGIT: Akustische Informations- und Warnsignale: Analyse, Gestaltungsmethodik und Evaluierung. In: (Hrsg.): *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion, 7. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, 10. bis 12. Oktober 2007*; Matthias Rötting (2007) – S. 203 – 208
- Mueller 2006: MÜLLER, STEPHAN: *Erstellung eines Referenzmodells eines Fahrzeugmenüs für tertiäre Funktionen im Automobil*; Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie, Studienarbeit (2006)
- Mueller-Limmroth 1993: MÜLLER-LIMMROTH, WOLF: Sinnesorgane. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 27 – 47
- Neuss 2001: ROBERT NEUSS: *Usability Engineering als Ansatz zum Multimodalen Mensch-Maschine-Dialog*; Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Dissertation (2001)
- Niedermaier 2003: NIEDERMAIER, BERNHARD: *Entwicklung und Bewertung eines Rapid-Prototyping Ansatzes zur multimodalen Mensch-Maschine-Interaktion im Kraftfahrzeug*; Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München, Dissertation (2003)
- Norman 2007: NORMAN, DON: *The Design Of Everyday Things*; Basic Books (2013)
- Rassl 2004: RASSL, ROBERT: *Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im PKW, Systemergonomische Analyse und Prognose*; Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie, Dissertation (2004)
- Rauch 2009: RAUCH, NADJA: *Ein verhaltensbasiertes Messmodell zur Erfassung von Situationsbewusstsein im Fahrkontext*; Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Dissertation (2009)

- Reisinger 2009: REISINGER, JÖRG: *Parametrisierung der Haptik von handbetätigten Stellteilen*; Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, Dissertation (2009)
- Ross 2001: TRACY ROSS AND GILL VAUGHAN AND GARY BURNETT AND ANDREW MAY AND ANDREA ENGERT AND HELMUT PETERS (Hrsg.): *Design Guidelines for Route Guidance and Navigation*. Chapter 2. (2001)
- Ruehmann 1993 a: RÜHMANN, HEINZPETER: Schnittstellen in Mensch-Maschine-Systemen. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 420 – 445
- Ruehmann 1993 b: RÜHMANN, HEINZPETER: Stellteilgestaltung. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 554 – 562
- Sacher 2006: SACHER, HEIKE AND BUBB, HEINER: Was bedient der Fahrer? Feldversuche zu Erfassung der Fahrer-Fahrzeug-Interaktion. In: *MMI-Interaktiv*, 11; (2006) – S. 14 – 25
- Sacher 2009: SACHER, HEIKE: *Gesamtheitliche Analyse des Bedienverhaltens von Fahrzeugfunktionen in der täglichen Nutzung*; Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, Dissertation (2009)
- Salvendy 1997: GAVRIEL SALVENDY; GAVRIEL SALVENDY (Hrsg.): *Handbook of human factors and ergonomics*; John Wiley & Sons, Inc. (1997)
- Schattenberg 2002: SCHATTENBERG, KAY: *Fahrzeugführung und gleichzeitige Nutzung von Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen*; Philosophische Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Dissertation (2002)
- Schmid 2012: SCHMID, MARKUS AND MAIER, THOMAS: Ergonomie versus Ästhetik? Die funktionale und formale Integration im Fahrzeugcockpit. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaften*, 2 – 3; (2012) – S. 129 – 139
- Schmidtke 1993: SCHMIDTKE, HEINZ AND RÜHMANN, HEINZPETER: Betriebsmittelgestaltung. In: SCHMIDTKE, HEINZ (Hrsg.): *Ergonomie*; Carl Hanser Verlag München Wien (1993) – S. 521 – 553
- Schumann 1993: SCHUMANN, JOSEF: *On the use of discrete proprioceptive-tactile warning signals during manual control: The steering wheel as an active control device*; Universität der Bundeswehr, München, Dissertation (1993)

- Schweigert 2002: SCHWEIGERT, MANFRED: *Fahrerblickverhalten und Nebenaufgaben*; Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie, Dissertation (2002)
- Spies 2005: SPIES, ROLAND: *Entwicklung eines Trackballs als zentrales Bedienelement*; Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München, Diplomarbeit (2005)
- TUMMIC1: BMW-AG AND BUBB, HEINER AND RIGOLL, GERHARD AND TILLMANN, HANS AND KLINKER, GUDRUN: *Abschlussbericht zum Kooperationsvorhaben, TUMMIC, Mensch-Maschine-Interaktion im Kraftfahrzeug, 1. Phase, 08/2003 – 02/2004; Grundlegende Vorgaben, Konzepte, Visionen*, BMW AG, Lehrstuhl für Ergonomie; (08/2003 – 02/2004)
- Vilimek 2007: VILIMEK, ROMAN: *Gestaltungsaspekte multimodaler Interaktion im Fahrzeug. Ein Beitrag aus ingenieurpsychologischer Perspektive.*; Universität Regensburg, Dissertation (2007)
- Wandke 2005: WANDKE, HARTMUT AND WETZENSTEIN, ELKE AND POLKEHN, KNUT: Handlungsbezogene Elementarbausteine für Fahrerassistenzsysteme. In: *VDI-Bericht*, Nr. 1919; (2005) – S. 41 – 62
- Wolf 2005: WOLF, H. AND ZÖLLNER, R. AND BUBB, H.: Ergonomische Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion bei gleichzeitig agierenden Fahrerassistenzsystemen. In: *Zeitschrift für Verkehrssicherheit (ZVS)*, Nr. 3; (2005) – S. 119-124
- Wolf 2006: WOLF, H. AND ZÖLLNER, R. AND BUBB, H.: Ergonomischer Lösungsansatz für die gleichzeitige Rückmeldung von Fahrerassistenzsystemen. In: (Hrsg.): *Tagung "Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz"*; (2006)
- Zeilingner 2005: DIPL.-ING. SIMON ZEILINGNER: *Aktive haptische Bedienelemente zur Interaktion mit Fahrerinformationssystemen*; Universität der Bundeswehr München, Fakultät für Luft- und Raumfahrtstechnik, Institut für Arbeitswissenschaft, Dissertation (2005)

Anhang

Anhang A: Funktionsliste

Die Funktionsliste enthält ca. 300 Nutzerfunktionen, die für diese Arbeit analysiert werden. Sie sind aus den ca. 2000 Funktionen der BMW-Funktionsliste ausgewählt worden, weil sie die wichtigsten Nebenaufgaben im Kraftfahrzeug darstellen. Die Tabelle 35 zeigt in der ersten Spalte die Funktionskategorie, in der zweiten die Funktion selbst, und in der dritten den Funktions-ID, einen eigenen, im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Schlüssel im Format „Fu_xxx“, wobei xxx eine fortlaufende Nummer der ausgewählten Funktionen ist. Die Verwendung der Funktionsliste wird in den Kapiteln 3.2 und 4.2 beschrieben.

Tabelle 35: Funktionsliste

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
1 Information und Kommunikation		
1.1 MMI-Bedienung		
	Bedienung der Menüs	Fu_001
	Sprung ins Hauptmenü	Fu_002
	Rückgängigmachen des letzten Interaktionsschrittes (historisch)	Fu_003
	Aufruf von kontextsensitiven Funktionen in der Bildschirmbedienung	Fu_004
	Aufruf Favoritenliste	Fu_005
	Favorit in Favoritenliste abspeichern	Fu_006
	Favorit aus Favoritenliste aktivieren	Fu_007
	Direkteinsprung CD	Fu_008
	Direkteinsprung Telefon	Fu_009
	Direkteinsprung Navigation	Fu_010
	Direkteinsprung Radio	Fu_011
	Functional Bookmarks	Fu_012
	Frei belegbare Taste 1 (Stern)	Fu_013
	Frei belegbare Taste 2 (Raute)	Fu_014
	Spracheingabesystem ein / aus	Fu_015
1.2 Kommunikation		
1.2.1 Telefon		
	Nummer eingeben	Fu_016
	einzelne Ziffer löschen	Fu_017
	gesamte (neu eingegebene) Nummer löschen	Fu_018
	Nummer wählen	Fu_019
	eingehenden Anruf annehmen	Fu_020
	eingehenden Anruf abweisen	Fu_021
	Gespräch (aus Liste der laufenden Gespräche) auflegen	Fu_022
	Termin Erinnerung	Fu_023

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Bluetooth-Gerät/Bedienhörer hinzufügen	Fu_024
1.2.2 Dienste und Pannenhilfe		
	Kontaktaufnahme Pannenhilfe	Fu_025
	Kontaktaufnahme Servicezentrum	Fu_026
	Absenden Notruf	Fu_027
1.3 Navigation		
1.3.1 Adressliste / Adressbuch		
	Kontakt suchen (A-Z Suche)	Fu_028
	Eintrag aus Adressbuch auswählen	Fu_029
	Zielführung zu Eintrag aus Adressbuch starten	Fu_030
	neue Adresse eingeben: Name	Fu_031
	neue Adresse eingeben: Land	Fu_032
	neue Adresse eingeben: Ort	Fu_033
	neue Adresse eingeben: Straße	Fu_034
	neue Adresse eingeben: Postleitzahl	Fu_035
	neue Adresse eingeben: Kreuzung	Fu_036
	neue Adresse eingeben: Hausnummer	Fu_037
	Zielführung zu Heimatadresse starten	Fu_038
1.3.2 Limit		
	Limit-Geschwindigkeit einstellen	Fu_039
	aktuelle Geschwindigkeit als Limit-Geschw. übernehmen	Fu_040
	Limit ein/aus	Fu_041
	Warnung Limit erreicht	Fu_042
1.3.3 Einstellungen Verkehrsinfo		
	Verkehrsfunk ein / aus	Fu_043
	Verkehrsinformationen ein/aus	Fu_044
	Verkehrsinfo Plus ein / aus	Fu_045
	Verkehrsinfo-Sender: automatische Auswahl	Fu_046
	Verkehrsinfo-Sender: Sender aus Liste auswählen	Fu_047
1.3.4 Zieleingabe neues Ziel		
1.3.4.1 neues Ziel eingeben über Buchstabeneingabe		
	neues Ziel eingeben: Land	Fu_048
	neues Ziel eingeben: Ort	Fu_049
	neues Ziel eingeben: Straße	Fu_050
	neues Ziel eingeben: Hausnummer	Fu_051
	neues Ziel eingeben: Postleitzahl	Fu_052
	neues Ziel eingeben: Kreuzung	Fu_053
	Zielführung zum neuen Ziel starten	Fu_054
	Informationen zu neuem Ziel anzeigen	Fu_055
1.3.4.2 neues Ziel eingeben über Karte		
	Zielführung starten	Fu_056
	aktuelle Position anzeigen	Fu_057
	Zielposition anzeigen	Fu_058
	Karte verschieben (horizontal/vertikal)	Fu_059

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Karte verschieben (diagonal)	Fu_060
	Maßstab verändern (10m - 1000km)	Fu_061
1.3.5 letzte Ziele		
	Zielführung starten	Fu_062
1.3.6 Zielführung		
	Zielführung starten und beenden < bei neuem Ziel, vorhandenem Ziel, Trip, Route, Ziel aus Adressbuch. >	Fu_063
	Coming Road / Straßenverlaufsvorschau	Fu_064
	Entfernung bis zum Richtungswechsel	Fu_065
	Pfeildarstellung für Abbiegevorgang	Fu_066
	Lane Guidance / Spurempfehlung	Fu_067
	3D Guiding	Fu_068
1.3.7 Einstellungen		
	Navi-Ansage ein / aus	Fu_069
1.3.8 Sonstige Navigationsfunktionen		
	Navihinweis wiederholen	Fu_070
	Navihinweis aus / ein	Fu_071
1.4 Entertainment		
	Equalizing	Fu_072
1.4.1 Übergreifende Entertainment Funktionen		
	Audio Ein/Aus	Fu_073
	Lautstärke laut/leise	Fu_074
	Mute	Fu_075
	Audioquellenwahl	Fu_076
	Anzeige Titelinformation (z.B. ID3-Tag) zu Datenträger	Fu_077
	Liste gespeicherter Radiosender	Fu_078
	TP ein / aus	Fu_079
	bei manuell: Frequenz höher	Fu_080
	bei manuell: Frequenz niedriger	Fu_081
	nächster Sender	Fu_082
	vorheriger Sender	Fu_083
	nächster Track	Fu_084
	vorheriger Track	Fu_085
1.4.2 Radio (AM/FM)		
	FM: Liste empfangbarer Sender	Fu_086
	FM: Liste autostore	Fu_087
	KW: Liste aller empfangbarer Sender	Fu_088
	MW: Liste aller empfangbarer Sender	Fu_089
	LW: Liste aller empfangbarer Sender	Fu_090
	Frequenzbandwechsel AM / FM	Fu_091
1.4.3 CD/CDC (Changer)		
	CD aus Laufwerk auswerfen	Fu_092
	Track von CD abspielen	Fu_093
	alle Tracks der CD anspielen ("SCAN") <bei CD, CDC, MP3>	Fu_094
	einen Track wiederholt abspielen <bei CD, CDC, MP3>	Fu_095

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	alle Tracks der CD in zufälliger Reihenfolge abspielen <bei CD, CDC, MP3>	Fu_096
	CD aus Wechsler auswerfen	Fu_097
1.5 Einstellungen		
	Bildschirm aus	Fu_098
	Bildschirm-Helligkeit (globaler, nicht quellenabhängiger Offset) mehr / weniger	Fu_099
	Video / TV: Helligkeit mehr / weniger	Fu_100
	Kombi-Inhalt: Schaltpunktanzeige ein / aus	Fu_101
	Kombi-Inhalt: Analoganzeigen Reichweite und Momentanverbrauch	Fu_102
	Kombi-Inhalt: Konfiguration der BC-Rollen-Inhalte im Kombi	Fu_103
1.6 Information		
	Abruf CC-Meldungen im I-Kombi	Fu_104
	Geschwindigkeit	Fu_105
	Drehzahlmesser	Fu_106
	Durchschnittsverbrauch	Fu_107
2 Klimatisierung		
2.1 Klimatisierung Hauptfunktionen		
	All (Fahrer als Master)	Fu_108
	Klimaanlage OFF	Fu_109
	Einstellung Klappenkonfig. Front (gemeinsam für Fahrer und Beifahrer, bei Basis Klima)	Fu_110
	Einstellung Klappenkonfig. Fahrer	Fu_111
	Einstellung Klappenkonfig. Beifahrer	Fu_112
	Richtung Luftstrom an Ausströmer (aussen Fahrer)	Fu_113
	Richtung Luftstrom an Ausströmer (Mittenaströmer Fahrer)	Fu_114
	Richtung Luftstrom an Ausströmer (aussen Beifahrer)	Fu_115
	Richtung Luftstrom an Ausströmer (Mittenaströmer Beifahrer)	Fu_116
	Absperrung Luftstrom an Ausströmer und Ausströmmodus Komfortdüse (aussen Fahrer)	Fu_117
	Absperrung Luftstrom an Ausströmer und Ausströmmodus Komfortdüse (Mittenaströmer Fahrer)	Fu_118
	Absperrung Luftstrom an Ausströmer und Ausströmmodus Komfortdüse (aussen Beifahrer)	Fu_119
	Absperrung Luftstrom an Ausströmer und Ausströmmodus Komfortdüse (Mittenaströmer Beifahrer)	Fu_120
	Schichtung Front (links und rechts gemeinsam, bei Basis Klima)	Fu_121
	Schichtung Fahrer	Fu_122
	Schichtung Beifahrer	Fu_123
	Temperatureinstellung Fahrer	Fu_124
	Temperatureinstellung Beifahrer	Fu_125
	Anzeige der Klimaanlagefunktion	Fu_126
	Einstellung Klimastil/Intensität (gemeinsam für Fahrer und Beifahrer, bei Basis Klima)	Fu_127
	Einstellung Klimastil/Intensität Fahrer	Fu_128
	Einstellung Klimastil/Intensität Beifahrer	Fu_129
	Einstellung Luftmenge/Gebläseleistung (gemeinsam für Fahrer und Beifahrer, bei Basis Klima)	Fu_130
	Einstellung Luftmenge/Gebläseleistung Fahrer	Fu_131

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Einstellung Luftmenge/Gebläseleistung Beifahrer	Fu_132
	Automatikfunktionen ein / aus (gemeinsam für links und rechts, bei Basis Klima)	Fu_133
	Automatikfunktionen links ein / aus	Fu_134
	Automatikfunktionen rechts ein / aus	Fu_135
	MAX AC ein / aus	Fu_136
	Defrostfunktion ein / aus	Fu_137
	Heizung Heckscheibe ein / aus	Fu_138
	manuelle Umluftfunktion ein / aus	Fu_139
	AUC-Funktion ein / aus	Fu_140
	Klimakompressorfunktion ein / aus	Fu_141
	Restwärmefunktion ein / aus	Fu_142
	Anwahl Sitzlüftungsleistung Fahrer	Fu_143
	Anwahl Sitzlüftungsleistung Beifahrer	Fu_144
	Anwahl Sitzheizungsleistung Fahrer	Fu_145
	Anwahl Sitzheizungsleistung Beifahrer	Fu_146
2.2 Klimatisierung im MMI		
	Cabrioprogramm	Fu_147
	Einstellung Luftverteilungsprogramme vorne (Fahrer und Beifahrer gemeinsam)	Fu_148
	Einstellung individuelle Luftverteilung Fahrer	Fu_149
	Einstellung individuelle Luftverteilung Beifahrer	Fu_150
	Direktbetrieb Standkühlung	Fu_151
	Direktbetrieb Standlüftung ein/aus	Fu_152
	Direktbetrieb Standheizung ein/aus	Fu_153
3 Beleuchtung		
3.1 Beleuchtung aussen		
	Standlicht ein / aus	Fu_154
	Fahrlicht ein / aus	Fu_155
	Automatisches Fahrlicht ein / aus	Fu_156
	Fernlicht ein / aus	Fu_157
	Fernlichtassistent (FLA) ein / aus	Fu_158
	Lichthupe	Fu_159
	Nebelscheinwerfer ein / aus	Fu_160
	Nebelschlußlicht ein / aus	Fu_161
	Leuchtweitenregulierung	Fu_162
	Aktivierung "Heimleuchtfunktion"	Fu_163
	Dauerblinken links / rechts	Fu_164
	Tippblinken links / rechts	Fu_165
	Parklicht links / rechts	Fu_166
	Warnblinkanlage ein / aus	Fu_167
3.2 Beleuchtung innen		
	Instrumentenbeleuchtung Dimmung min - max (als Rändel ausgeführt, Querposition)	Fu_168
	Leselicht Fahrer	Fu_169
	Leselicht Beifahrer	Fu_170
	Innenraumbeleuchtung	Fu_171

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Boulevard Light	Fu_172
3.3 Beleuchtungs-Einstellungen		
	Tagfahrlicht ein / aus	Fu_173
	Abbiegelicht ein / aus	Fu_174
4 Sitze		
4.1 Sitzposition		
	Sitzlängsverstellung (SLV)	Fu_175
	Sitzhöhenverstellung (SHV)	Fu_176
	Lehnenneigungsverstellung (LNV)	Fu_177
	Sitzneigungsverstellung (SNV)	Fu_178
	Lehnenkopfverstellung (LKV)	Fu_179
	Sitztiefenverstellung (STV)	Fu_180
	Sitzbreitenverstellung (SBV)	Fu_181
	Kopfstützenhöhenverstellung (KHV)	Fu_182
	Komfortkopfstütze	Fu_183
	Lehnenbreitenverstellung (LBV)	Fu_184
	Lordose bzw. Konturverstellung Lehne	Fu_185
	Beifahrersitz verstellen durch den Fahrer	Fu_186
4.2 Sitzzusatzfunktionen		
	automatische Lehnenbreitenverstellung (ALBV) ein/aus (früher Dynamiksitze)	Fu_187
	Massage Sitzfläche (Aktivsitze) ein / aus	Fu_188
	Massage Rückenbereich ein / aus	Fu_189
	Sitzmemory Setzen	Fu_190
	Sitzmemory Speicherplatz 1	Fu_191
	Sitzmemory Speicherplatz 2	Fu_192
4.3 Sonstige Sitzfunktionen		
	Gurthöhenverstellung	Fu_193
	Kopfstützenabsenkung	Fu_194
	Fondeinstiegshilfe (Cabrio / Coupe)	Fu_195
5 Cockpit / Ablagen		
	Öffnen / Schliessen CID-Blende	Fu_196
6 Türen, Fenster und Spiegel		
6.1 Türen und Klappen		
	Fondtür elektr. schliessen	Fu_197
	Heckklappe Öffnen (Taster innen, A-Säule)	Fu_198
	Heckklappe Öffnen (Taster aussen am Fzg)	Fu_199
	Öffnungswinkel Heckklappe einstellen	Fu_200
	Heckklappe elektr. schliessen (Taster innen an Heckklappe)	Fu_201
	Motorhaube entriegeln (innen)	Fu_202
	Motorhaube öffnen (aussen)	Fu_203
	Tankklappe entriegeln (Taster innen)	Fu_204
6.2 Fenster Betätigung		
	elektr. Scheibenabdunklung	Fu_205
	Fenster vorne links (inkl. Mautfunktion) öffnen / schliessen	Fu_206
	Fenster vorne rechts (inkl. Mautfunktion) öffnen / schliessen	Fu_207

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Fenster hinten links (inkl. Mautfunktion) öffnen / schliessen	Fu_208
	Fenster hinten rechts (inkl. Mautfunktion) öffnen / schliessen	Fu_209
	Kindersicherung (Fenstersperre Fond u.a.) inkl. LED	Fu_210
	Fensterzentralbetätigung (bei Cabrio)	Fu_211
	Heckfenster senken/heben (bei Cabrio)	Fu_212
	Schiebe-Hebe-Dach / Panoramadach bedienen (inkl. Mautfunktion)	Fu_213
	Betätigung Cabriooverdeck	Fu_214
6.3 Scheiben Reinigung		
	Frontwischer ein / aus (inkl. langsam/schnell)	Fu_215
	Tippwischen vorne	Fu_216
	Wischerautomatik (Regensensor) ein / aus	Fu_217
	Einstellung Empfindlichkeit Regensensor	Fu_218
	Frontscheibe und Scheinwerfer reinigen	Fu_219
	Heckwischer (Intervallwischen) ein / aus	Fu_220
	Heckscheibe reinigen	Fu_221
6.4 Spiegel		
	Aussenspiegel für Spiegelverstellung auswählen	Fu_222
	Bordsteinspiegel	Fu_223
	Aussenspiegel verstellen	Fu_224
	Aussenspiegel anklappen	Fu_225
	Innenspiegel manuell abblenden	Fu_226
	Garagentür-Öffner	Fu_227
	Kompass-Anzeige	Fu_228
6.5 Schließfunktionen		
	Fahrzeug Entriegeln und Entschärfen DWA	Fu_229
	Fahrzeug Verriegeln, Sichern und Schärfen DWA	Fu_230
	Teildeaktivierung DWA	Fu_231
	Heckklappe Entriegeln und elektr. Öffnen	Fu_232
	Innenlicht einschalten	Fu_233
	Ablagefach mit Einschubschlüssel Verriegeln / Entriegeln	Fu_234
	Heckklappe von ZV abkoppeln/ankoppeln ("Hotelstellung")	Fu_235
	Center-Lock Auf / Zu	Fu_236
6.6 Sonnenschutz		
	Heckrollo(s) auf / ab von vorne	Fu_237
	Betätigung aller Rollos von einem Sitzplatz aus	Fu_238
	Seitenrollos auf / ab	Fu_239
	Seitenrollo Dreieckfenster auf / ab	Fu_240
	Heckrollo auf/ab von hinten	Fu_241
7 Fahrfunktionen		
	Hupe	Fu_242
	Lenkrad auf, ab, rein, raus	Fu_243
	Lenkradheizung ein, aus	Fu_244
	Klemmenwechsel über Start-Stop-Taster	Fu_245
	MSA (Motor-Start-Stop-Automatik)	Fu_246
	Parkbremse Ein/Aus	Fu_247

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
	Auto P	Fu_248
	Rückstellung Tageskilometer	Fu_249
7.1 Getriebe		
	Gangwahlhebel Sportschaltung	Fu_250
	Gangwahlhebel Automatikschaltung	Fu_251
	Gangwahlhebel Handschalter	Fu_252
	Paddles/Schaltwippen Sportschaltung	Fu_253
	elektr. P-Taster auf Wählhebel	Fu_254
	elektr. P-Taster in Mittelkonsole	Fu_255
	elektr./mech. P-Taster in Mittelkonsole	Fu_256
	LOW Getriebemodus	Fu_257
7.2 Fahrerassistenz		
7.2.1 Geschwindigkeitsregelsysteme		
	FGR / DCC / ACC ein	Fu_258
	FGR / DCC / ACC passiv schalten (in Standby mit Resume-Geschwindigkeit)	Fu_259
	FGR / DCC / ACC Geschwindigkeit erhöhen	Fu_260
	FGR / DCC / ACC Geschwindigkeit verringern	Fu_261
	ACC Abstand erhöhen	Fu_262
	ACC Abstand verringern	Fu_263
	ACC Meldungstufe 1	Fu_264
	ACC Meldungstufe 2	Fu_265
	Schaltaufforderung	Fu_266
	ACC S&G: Aufforderung zum Anfahren aus dem Stand durch Fahrer	Fu_267
7.2.2 Auffahrwarnung (iBrake)		
	Auffahrwarnung ein / aus	Fu_268
	iBrake Vorwarnung	Fu_269
	iBrake Hauptwarnung	Fu_270
	Konfiguration über Makro: Anzeige Abstandsinformation ein/aus	Fu_271
7.2.3 HC1 / TLC (Spurverlassenswarnung)		
	HC1 / TLC ein / aus	Fu_272
	TLC Warnung	Fu_273
7.2.4 HC 2 (Spurwechselinfo)		
	HC 2 ein/aus	Fu_274
	HC2 Warnung Stufe 1 (Vorwarnung)	Fu_275
	HC2 Warnung Stufe 2 (Akutwarnung)	Fu_276
7.2.5 Speed Limit Info (ehem. NavSpeed)		
	Anzeige des aktuellen Geschwindigkeitslimits	Fu_277
7.2.6 Parken		
7.2.6.1 Park Distance Control (PDC)		
	PDC ein / aus	Fu_278
	Abstandsanzeige zum Hinderniss vorne/hinten	Fu_279
	PDC Bild ein / aus	Fu_280
	PDC Ton ein / aus	Fu_281

Funktionskategorie	Funktion	Fu-ID
7.2.6.2 Park Manöver Assistent (PMA)		
	Parklückenvermessung für PMA aktivieren / deaktivieren	Fu_282
	Einparkvorgang für PMA aktivieren / deaktivieren	Fu_283
	Anzeige des PMA	Fu_284
7.2.6.3 Rückfahrkamera (RFK)		
	Rückfahrkamera ein / aus	Fu_285
	Kamerabild Rückfahrkamera	Fu_286
7.2.7 Night Vision		
	Night Vision ein / aus	Fu_287
	Night Vision Bild	Fu_288
7.2.8 Ausfahrtskamera (Side View)		
	Ausfahrtskamera (SideView) ein/aus	Fu_289
	Kamerabild Ausfahrtskamera	Fu_290
7.2.9 Sonstige FAS Funktionen		
	HUD ein / aus	Fu_291
	DTC ein / aus (DSC aus in 2ter Stufe durch Langdruck)	Fu_292
	HDC ein / aus (NUR bei Allradfahrzeugen)	Fu_293
8 Sicherheit		
	Passenger Airbag OFF (Schalter) in Zargenfläche Beifahrer	Fu_294
	Anzeige Airbag OFF	Fu_295
9. Nachträglich für tiefere Analyse hinzugefügt		
	Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen	Fu_296
	Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen zweidimensional	Fu_297
	Bedienung der Menüs, Auslegung mit Point-And-Click Paradigma	Fu_298
	Favorit aus Favoritenliste auswählen und aktivieren	Fu_299
	Sitzverstellung (SVS) Sitzfläche	Fu_300
	Fahrlicht als Kontinuum	Fu_301
	Fahrlicht als Kontinuum inkl. Nebellicht	Fu_302
	Schiebe-Hebe-Dach mit Heben nur auf und zu	Fu_303
	Fenster vorne links öffnen / schliessen, nur Mautfunktion	Fu_304
	Lautstärke laut/leise und ein/aus	Fu_305
	AUC-Funktion ein / aus / auto	Fu_306
	Gangwahlschalter Automatik ohne Manuelle Gangwahl	Fu_307
	Fahrrichtungswahlschalter	Fu_308
	Fahren, Lenken als Translation	Fu_309
	Fahren, Lenken als Rotation	Fu_310
	Fahren, ohne Bewegungsartfestlegung	Fu_311
	Fahren, Lenken als Translation, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_312
	Fahren, Lenken als Rotation, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_313
	Fahren, ohne Bewegungsartfestlegung, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_314












Anhang B: Stellteilauswahl für die Analyse realer Fahrzeuge






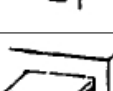

In Tabelle 36 sind die Bedienelemente aufgelistet, die für die Analyse der realen Bedienelemente als Stereotypen dienen. Die Tabelle enthält neben dem Namen des Stellteiltyps auch die Ord-




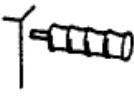





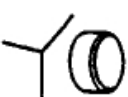




nungsnummer des Typs in der DIN EN 894-3, wobei die Elemente, die hinzugefügt worden sind, eine eigene Nummerierung geführt vom Buchstaben „E“ für „Erweiterung“ bekommen.










Die weiteren Spalten enthalten die Greifart, den zur Bedienung benutzten Teil der Hand, die Richtung der Stellkrafteinleitung und die Bewegungsart selbst. In der letzten Spalte befindet sich jeweils ein Prinzipbild aus der DIN EN 894-3 (DIN EN 894-3, S. 19 ff) oder von Rühmann (Rühmann 1993 b, S. 556) – soweit vorhanden. Alle Begriffe werden in Kapitel 3.3 erläutert.

Tabelle 36: Stellteilliste für die Analyse realer Fahrzeuge

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Tastknopf	1	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Schiebeschalter	2	Kontaktgriff	Finger	tangential	translatorisch	
Druckschalter	3	Kontaktgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Kipphebel	4	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Schiebetaster	5	Zufassungsgriff	Finger	tangential	translatorisch	
Zuggriff (quer)	6	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Knopf in zwei Richtungen bwl.	6	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
T-Griff	7	Umfassungsgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
senkrechter Handgriff	8	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Längshandgriff	9	Umfassungsgriff	Hand	tangential	translatorisch	
Schieberegler	10	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Schiebeknopf	11	Kontaktgriff	Finger	tangential	translatorisch	
Schieberegler (klein)	12	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Kugelknopf	13	Zufassungsgriff	Finger	tangential	translatorisch	
Kugelknopfschieber	14	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Handgriffschieber	15	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Zuggriff (längs)	16	Umfassungsgriff	Hand	tangential	translatorisch	
Fingerhebel	17	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Rändel	18	Kontaktgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Walze	18	Kontaktgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Flachhebel	19	Kontaktgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Knebelknopf (klein)	20	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Drehschalter	20	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Drehknopf / Rundknopf	21	Zufassungsgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Drehhebel	22	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Handrad (klein)	23	Zufassungsgriff	Hand	tangential	rotatorisch	
Hebelgriff	24	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Klinke	24	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Drehgriff	25	Zufassungsgriff	Hand	tangential	rotatorisch	
Zeigerknopf	26	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Daumenrad	27	Kontaktgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Trackball	27	Kontaktgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Fingerkurbel	28	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Knebelknopf	29	Zufassungsgriff	Finger	senkrecht	rotatorisch	
Drehknopf	30	Zufassungsgriff	Finger	tangential	rotatorisch	
Handkurbel	31	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Kreuzgriff	32	Zufassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Handrändel	33	Zufassungsgriff	Hand	tangential	rotatorisch	
Handkurbel	34	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	

Stellteiltyp	Nr. in der Norm	Greifart	Teil der Hand	Art der Stellkraftaufbringung	Bewegung	Prinzipbild
Bügelhandgriff	35	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Drehkreuz	35	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	rotatorisch	
Handrad	36	Umfassungsgriff	Hand	tangential	rotatorisch	
Touchscreen	E1	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Touchpad	E2	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Annäherungssensor	E3	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Joystick	E4	Umfassungsgriff	Hand	senkrecht	translatorisch	
Sensortaster	E5	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Wipptaster	E6	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Wippschalter	E7	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	
Pedal	E8	Kontaktgriff	Fuß	senkrecht	translatorisch	
Kipptaster	E9	Kontaktgriff	Finger	senkrecht	translatorisch	

Anhang C: Kriterien der Funktionsanalyse

Bei der im Kapitel 4.2 beschriebenen Methode der Funktionsanalyse sind die vier Kriterien „Rubriken (Funktionsgruppen)“, „Geräte“, „Anwendungsfälle“ und „Phasen“ von Bedeutung für eine mögliche Funktionsgruppierung. Aufgrund der Fülle ihrer jeweils möglichen Ausprägungen sind die Werte dieser Kriterien in den folgenden Abschnitten aufgelistet.

Rubriken

1. Anthropometrie
 - a. Sitzeinstellung
 - b. Lenkradeinstellung
 - c. Spiegeleinstellung
 - d. HeadUp Display Einstellung
2. Video
3. Audio
4. Telephon
5. Navigation
6. Fahren
7. Komfort
 - a. Klima
 1. Luftklima
 2. Sitzklima
 3. Lenkradklima
 - b. Sitz-Zusatzfunktionen
8. Sicht
 - a. Scheiben außen
 - b. Scheiben innen
 - c. Außenspiegel
9. Beleuchtung innen
 - a. Suchbeleuchtung
 - b. Innenraumbeleuchtung
10. Beleuchtung außen
 - a. Sichtbeleuchtung
 1. Abblendlicht
 2. Nebellicht
 3. Nebelschlusslicht
 4. Positionslicht
 5. Fernlicht
 6. Rückfahrscheinwerfer
 7. Fahrzeugumfeld (im Stand)
 - b. Kommunikationsbeleuchtung
 1. Bremslicht

- 2. Blinker
- 3. Lichthupe
- 4. Rückfahrscheinwerfer
- 11. Türen und Klappen
- 12. FAS
- 13. PIM
- 14. Gesamtfahrzeug
- 15. Verkehr
- 16. Konfiguration
- 17. Ablagen und Stauraum
- 18. Bremsen

Geräte

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Sitz | 16. Instrumentenkombination |
| 2. Spiegel | 17. Luftausströmer |
| 3. Tür | 18. Innenbeleuchtung |
| 4. Fenster | 19. Kofferraumdeckel |
| 5. Schiebedach | 20. Motorhaube |
| 6. Frontscheibe | 21. Tankklappe |
| 7. Heckscheibe | 22. Verdeck |
| 8. Motor | 23. Ablagen |
| 9. Beleuchtung | 24. Hupe |
| 10. Radio | 25. Lenkrad |
| 11. Telephon | 26. Bremsen |
| 12. CD-Spieler | 27. Getriebe |
| 13. Navigationsgerät | 28. Fahrzeugsensoren |
| 14. Klimaanlage/Lüftung | 29. Airbag |
| 15. PIM-Datenmanager | |

Anwendungsfälle

- 1. Immer!
(Der Fahrer hat den Wunsch nach dieser Funktion unabhängig von der Situation.)
- 2. Fahren
 - a. Überholen
 - b. Abbiegen

- c. gelangweiltes Fahren
 - 1. schnelle Fahrt (Autobahn)
 - 2. langsame Fahrt (Stop & Go)
- d. sportliches Fahren
- e. Zurechtfinden / Orientieren (Navigieren)
- f. kritische Fahrsituation
 - 1. Stauende
 - 2. Autobahnbaustelle
 - 3. Autobahnauffahrt
 - 4. Kreuzung
 - 5. aufspritzender Dreck / Gischt
 - 6. weitere
- 3. Stehen
 - a. Parken
 - 1. Parkplatzsuche
 - 2. Einparkvorgang, Rangieren
 - 3. Abstellen (Fzg. für den Stillstand vorbereiten)
 - 4. Fzg. verlassen (sichern)
 - 5. Parkhausschranke
 - b. Fahrzeug abgeben (Valet-Parking)
 - c. Drive-Through-Schalter
 - d. Be- & Entladen
 - e. Waschstraße
 - f. Ein- & Aussteigen
 - g. Zu- & Aussteigen lassen
 - h. Ampel / Bahnübergang
 - i. Warten im Auto (Taxi-Modus)
 - j. Warten im Auto (nur Passagiere)
 - k. zum Fzg. kommen
- 4. Panne
- 5. Unfall
- 6. Wartung (z.B. Flüssigkeiten auffüllen)
- 7. Tanken
- 8. Wetter
 - a. Schnee

- b. Eis
- c. Kälte
- d. Hitze
- e. Regen
- f. Nebel
- g. Sonne
- h. Dunkelheit
- 9. Fahrzeug individualisieren
 - a. Anthropometrie
 - b. Einstellungen
 - c. PIM-Daten
 - d. Mediensammlung
 - e. Nutzergruppen
 - 1. Einzelfahrer
 - 2. Familienfahrzeug
 - 3. Poolfahrzeug (Fuhrpark, Flotte)
 - 4. Transportfahrzeug
 - 5. Mietfahrzeug
 - 6. Chauffeurfahrzeug

Phasen

- 1. Annäherung ans Auto
- 2. Öffnen
- 3. Einsteigen
 - a. Funktionen, die vor dem Einsteigen erreichbar sein müssen
 - b. enge Parklücken
- 4. Fahrzeug anpassen
 - a. Anthropometrie
 - b. Einstellungen (z.B. HUD-Helligkeit)
- 5. Fahrt vorbereiten
 - a. Zieleingabe / -auswahl
 - b. Entertainment
- 6. Losfahren
- 7. Fahrt
- 8. Parken

- 9. Abstellen
- 10. Komfort
- 11. Unterhaltung
- 12. Kommunikation
- 13. Auto verlassen

Anhang D: Bedienelemente-Baukasten

Flussdiagramm der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements

Die Abbildung 85 zeigt den in Kapitel 5.5.1 beschriebenen Ablauf der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements als Flussdiagramm.

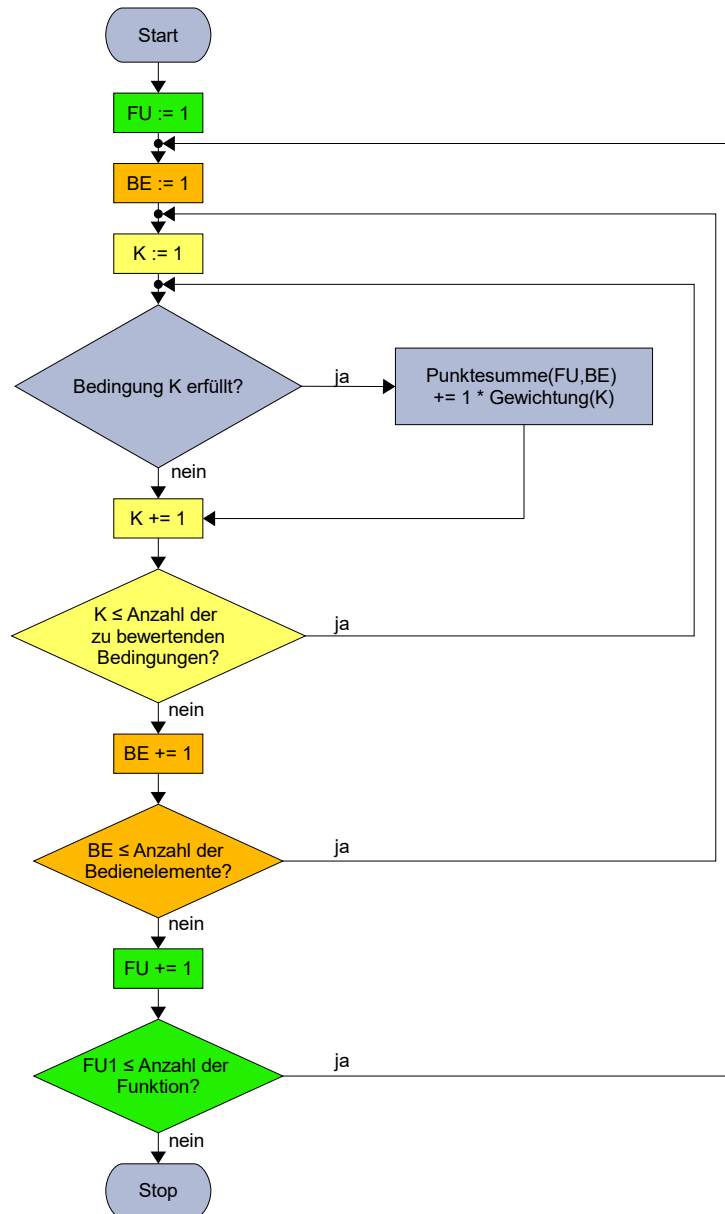


Abbildung 85: Flussdiagramm des Algorithmus der Methode zum Fund des optimalen Bedienelements

Gegenüberstellung der Eigenschaften von Funktionen und Bedienelementen

Abbildung 86 zeigt die in Kapitel 5.5.2 beschriebene graphische Gegenüberstellung aller Eigenschaften von Nutzerfunktionen und Bedienelementen. Hier sind Verbindungen zwischen Nutzerfunktionseigenschaften und Bedienelementeigenschaften in Form von Verbindungslinien eingezeichnet. Blaue Verbindungslinien kennzeichnen besonders wichtige Eigenschaftskonstellationen, graue ebenfalls interessante Eigenschaftskonstellationen und rote Linien markieren Redundanzen zwischen Eigenschaften derselben Seite.

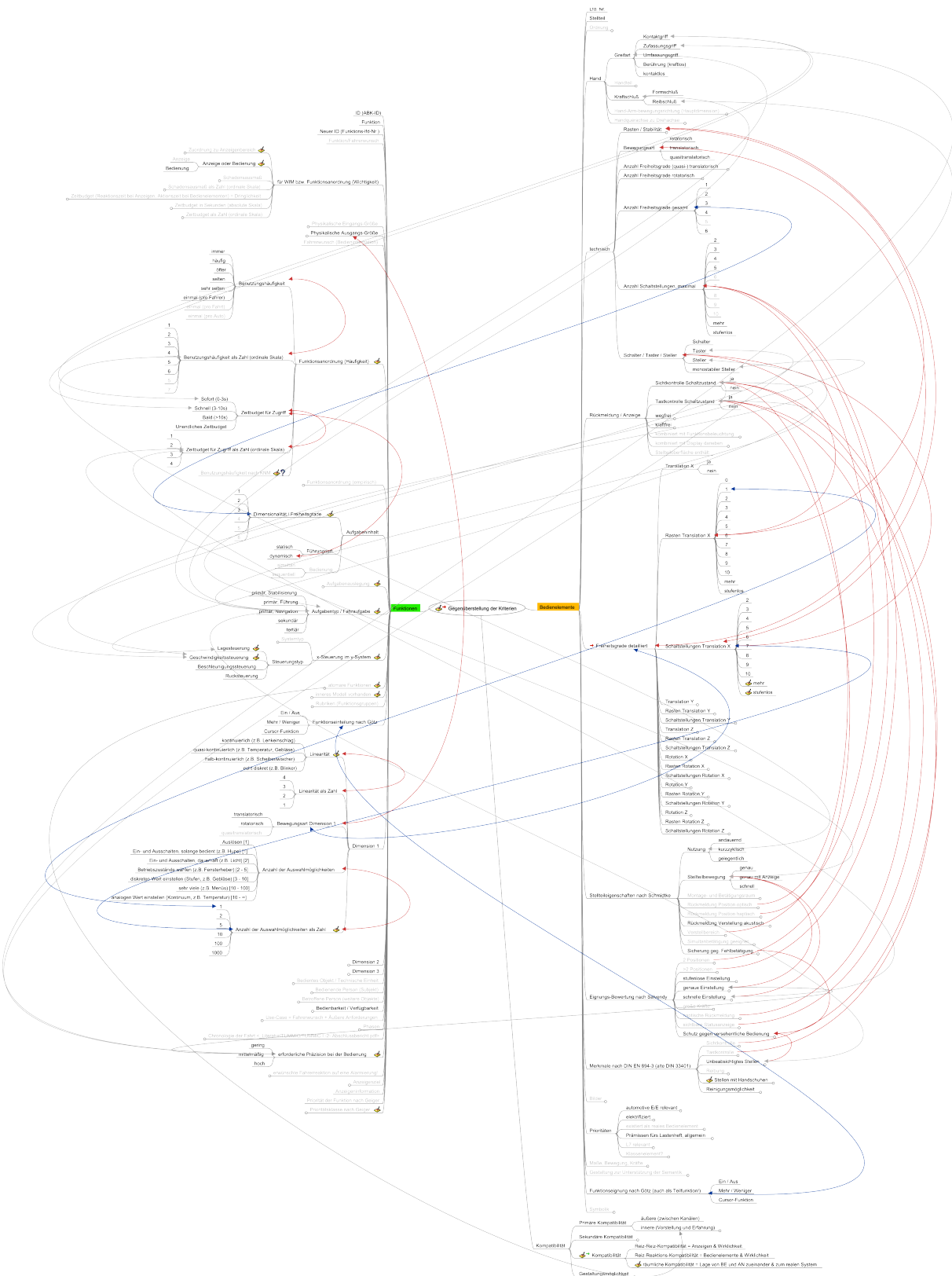


Abbildung 86: Graphische Gegenüberstellung der Eigenschaften von Nutzerfunktionen und Bedienelementen

Auflistung aller Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Bedienelementen

Die nachfolgende Tabelle 37 listet alle Eigenschaftskonstellationen auf die bei der Suche nach dem optimalen Bedienelement für jede Paarung aus Nutzerfunktion und Bedienelement-Stereotyp überprüft werden. Die Herleitung dieser Bedingungen wird in Kapitel 5.5.2 beschrieben. Es enthält die erste Spalte dabei jeweils das zu überprüfende Merkmal von Nutzerfunktion oder Bedienelement, die zweite den mathematischen Operator, der das Merkmal mit der Ausprägung in der dritten Spalte verknüpft. Die Spalten vier und fünf enthalten logische Operatoren, die die Einzelbedingungen einer Zeile zu einer ganzen Bedingung verknüpfen, zum Teil in zwei Ebenen. Ganze Bedingungen – also Eigenschaftskonstellationen – sind durch Leerzeilen voneinander getrennt. Die sechste Spalte enthält eine Anmerkung oder Begründung für die jeweilige Bedingung.

Tabelle 37: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienelement

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Dimensionen (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Ideal, wenn die Freiheitsgrade übereinstimmen
AnzahlFreiheitsgradgesamt (BE)					
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär		UND	primäre und sekundäre Funktionen müssen sicher bedient werden
Greifart (BE)	enthält	Zufassungsgriff	ODER		
Greifart (BE)	enthält	Umfassungsgriff			
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		primäre und sekundäre Funktionen sollen ihren Zustand am BE (mit-)anzeigen
SichtkontrolleSchaltzustand (BE)	ist gleich	ja			
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		primäre und sekundäre Funktionen sollen ihren Zustand am BE (mit-)anzeigen
TastkontrolleSchaltzustand (BE)	ist gleich	ja			
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		primäre und sekundäre Funktionen sollen durch Formschluss bedient werden
Kraftschluss (BE)	ist gleich	Formschluss			
Steuerungstyp (Funktion)	ist gleich	Lagesteuerung	UND		Lagesteuerung funktioniert nur mit einem Steller
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	Steller			

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Steuerungstyp (Funktion)	ist gleich	Geschwindigkeitssteuerung		UND	Geschwindigkeitssteuerung funktioniert nur mit monostabilen Elementen
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	monostabiler Steller	ODER		
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	Taster			
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Ein / Aus	UND		gleiche Götz-Einteilung
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Ein / Aus			
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Mehr / Weniger	UND		gleiche Götz-Einteilung
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Mehr / Weniger			
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Cursor-Funktion	UND		gleiche Götz-Einteilung
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Cursor-Funktion			
Vergleich jeder Dimension (FU) mit jedem Freiheitsgrad (BE) gemäß Entscheidungsbaum	Gesonderte Betrachtung mit Entscheidungsbaum Freiheitsgrade (siehe unten)				primäre Kompatibilität
ErforderlichePräzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		nach Knoll
Greifart (BE)	enthält	Zufassungsgriff			
ErforderlichePräzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		nach Knoll
Handabstützkraft und Bedienkraft getrennt (BE)	ist gleich	ja			
ZeitbudgetfürZugriffalsZahl (Funktion)	kleiner als	3	UND		nach Knoll
Greifart (BE)	enthält	Kontaktgriff			
ErforderlichePräzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		nach Knoll
Kraftschluss (BE)	ist gleich	Reibschluss			
RastenStabilität (BE)	enthält	dynamisch (Force-Feed-back)			Extrapunkt für anpassbare Haptik
wegfrei (BE)	ist gleich	nein			
kraftfrei (BE)	ist gleich	nein			

Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Bedienelementen

Die nachfolgende Tabelle 38 enthält dieselben Bedingungen wie Tabelle 37, allerdings mit der zugehörigen Gewichtung, wie sie in Kapitel 5.5.4 beschrieben wird.

Tabelle 38: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Bedienelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Freiheitsgrade (Funktion)	ist kleiner oder gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	22	22
AnzahlFreiheitsgradegesamt (BE)							
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär		UND	1	2	2
Greifart (BE)	enthält	Zufassungsgriff	ODER				
Greifart (BE)	enthält	Umfassungsgriff					
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		1	5	5
SichtkontrolleSchaltzustand (BE)	ist gleich	ja					
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		1	5	5
TastkontrolleSchaltzustand (BE)	ist gleich	ja					
Aufgabentyp (Funktion)	ist ungleich	tertiär	UND		1	3	3
Kraftschluss (BE)	ist gleich	Formschluss					
Steuerungstyp (Funktion)	ist gleich	Lagesteuerung	UND		1	3	3
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	Steller					
Steuerungstyp (Funktion)	ist gleich	Geschwindigkeitssteuerung		UND	1	22	22
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	monostabiler Steller	ODER				
SchalterTasterSteller (BE)	ist gleich	Taster					
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Ein / Aus	UND		1	5	5
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Ein / Aus					
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Mehr / Weniger	UND		1	5	5
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Mehr / Weniger					
FunktionseinteilungGötz (Funktion)	enthält	Cursor-Funktion	UND		1	5	5
FunktionseignungGötz (BE)	enthält	Cursor-Funktion					
Vergleich jeder Dimension(FU) mit jedem Freiheitsgrad (BE) gemäß Entscheidungsbaum	Gesonderte Betrachtung mit Entscheidungsbaum, maximal drei Dimensionen pro Funktion				3	11	99

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Erforderliche Präzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		1	5	5
Greifart (BE)	enthält	Zufassungsgriff					
Erforderliche Präzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		1	5	5
Handabstützkraft und Bedienkraft getrennt (BE)	ist gleich	ja					
Zeitbudget für Zugriff als Zahl (Funktion)	kleiner als	3	UND		1	5	5
Greifart (BE)	enthält	Kontaktgriff					
Erforderliche Präzision (Funktion)	ist nicht	gering	UND		1	2	2
Kraftschluss (BE)	ist gleich	Reibschluss					
Rastenstabilität (BE)	enthält	dynamisch (Force-Feedback)			1	1	1
wegfrei (BE)	ist gleich	nein			1	1	1
kraftfrei (BE)	ist gleich	nein			1	1	1

Entscheidungsbaum für Dimensionen und Freiheitsgrade

Der Vergleich der Dimensionen einer Nutzerfunktion und der Freiheitsgrade eines Bedienelement-Stereotyps lässt sich nicht als einfache Bedingung formulieren, sondern muss mehrere Einzelkriterien in Kombination berücksichtigen. Dazu dient der in Abbildung 87 gezeigte Entscheidungsbaum. Die genaue Methode zur Benutzung des Entscheidungsbaums wird in Kapitel 5.5.3 erklärt.




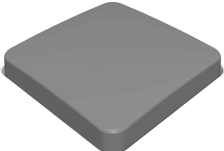






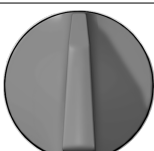
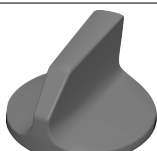
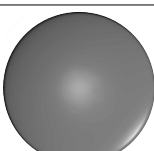

Bedienelement-Stereotypen des Baukastens

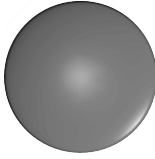




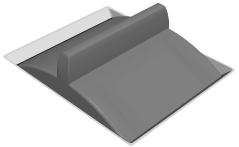

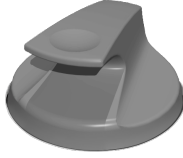


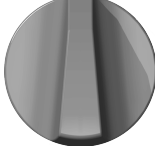
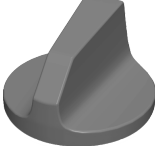
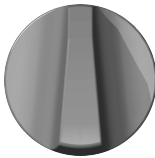
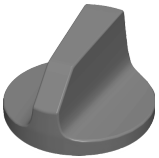

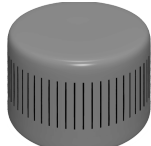

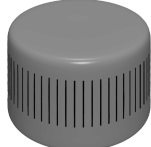


Die ersten beiden Spalten von Tabelle 39 identifizieren das Bedienelement durch den im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Identifikator im Format „St_xxx“, bestehend aus den Buchstaben „St“ für „Stellteil“ und einer dreistelligen, laufenden Nummer, sowie durch einen eindeutigen Namen.




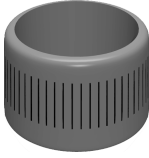

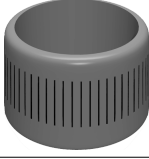
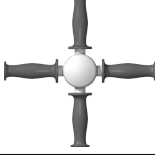
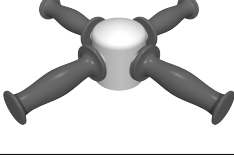
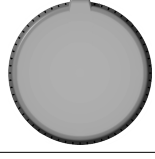
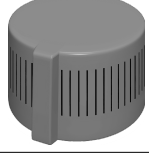
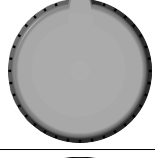

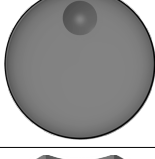
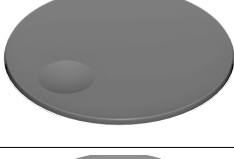

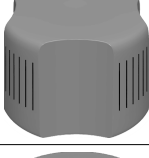
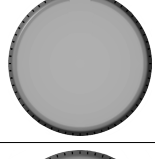
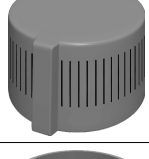
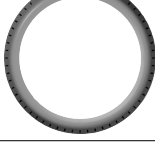
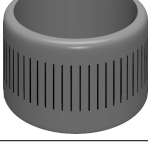
Das Schema der Namensgebung ist in Kapitel 5.3.2 erklärt. In der dritten Spalte findet sich das ordnende Kriterium „Stellvertreterteil“, also ein Grundelement, von dem sich mehrere Baukastenelemente herleiten können.


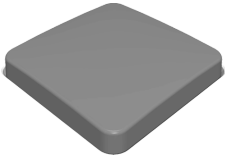



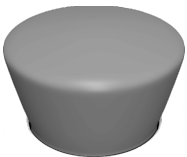

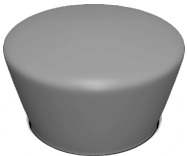
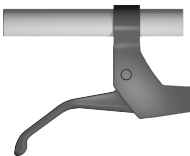
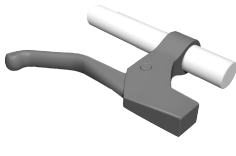

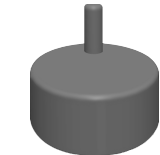

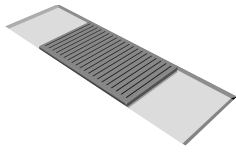

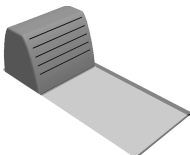

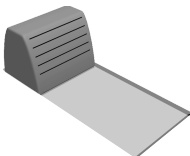

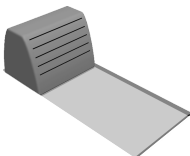
Die vierte Spalte gibt zumeist ein Beispiel einer häufigen Anwendung des entsprechenden Baukastenelements beziehungsweise einen alternativen Namen, unter dem man das Baukastenelement auch kennt. Die letzten zwei Spalten enthalten jeweils ein Bild des Baukastenelements in Draufsicht und in perspektivischer Sicht.






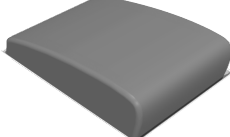



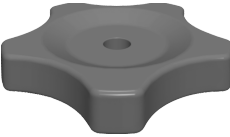




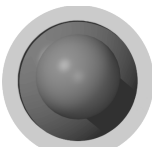

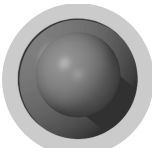



Tabelle 39: Elemente des Bedienelemente-Baukastens


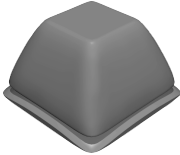
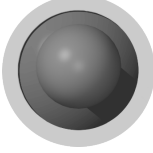
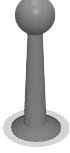



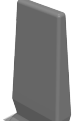


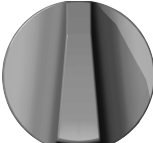
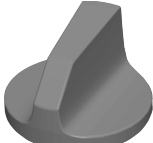

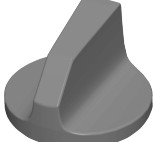
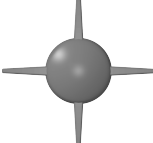
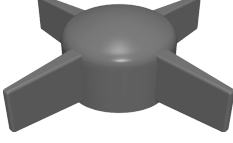
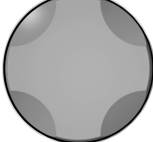

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreterteil	alternative Namen bzw. Beispiele	Draufsicht	Perspektive
St_001	Annäherungssensor	Sensor	Bookmarktaste		
St_002	Dreh-Drück-Kipp-Steller	Mehrwege-Element	iDrive Controller neu		
St_003	Dreh-Drück-Schiebe-Steller	Mehrwege-Element	iDrive Controller alt		
St_004	Dreh-Drück-Steller	Mehrwege-Element	Radio-Knopf		
St_005	Dreh-Drück-Zieh-Knebelschalter	Drehschalter	VW Lichtschalter		
St_006	Dreh-Drück-Zieh-Schalter	Drehschalter			

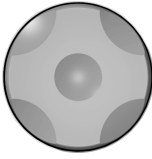
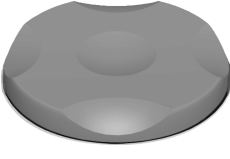


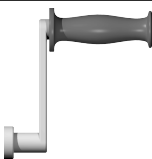
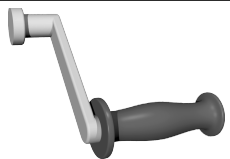

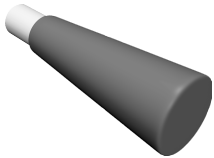




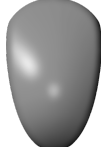
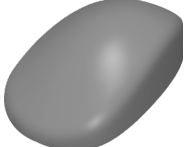
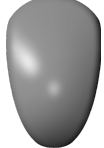
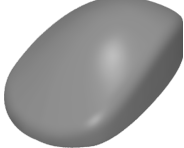
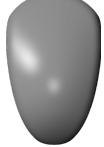
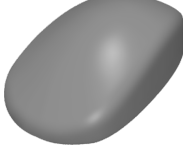
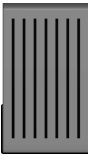
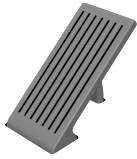

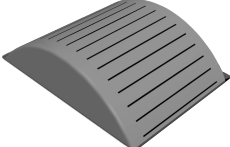
Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_007	Dreh-Drück-Zieh-Steller	Mehrwege-Ele- ment	alter Lichtschal- ter		
St_008	Drehgriff	Drehgriff	Grip-Shift, Gas- hebel		
St_009	Drehhebel	Hebel	Rändelrad mit Steg, Schaufel- rad		
St_010	Dreh-Kipp-Knebel	Mehrwege-Ele- ment	Audi Schiebe- dachschalter		
St_011	Dreh-Kipp-Schalter	Mehrwege-Ele- ment	Spiegelverstell- schalter		
St_012	Drehknebel	Drehsteller			
St_013	Drehknebel monostabil linear	Drehsteller			
St_014	Drehknopf groß	Drehsteller			
St_015	Drehknopf groß mono- stabil linear	Drehsteller			
St_016	Drehknopf klein	Drehsteller			






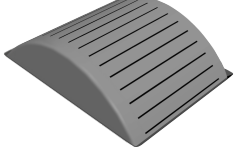



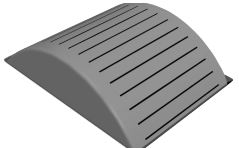


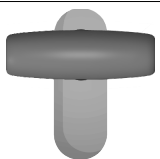




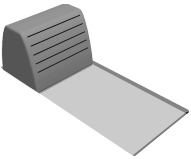

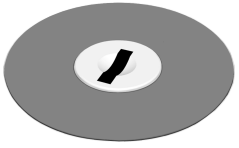
Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_017	Drehknopf klein mono- stabil linear	Drehsteller			
St_018	Drehknopf rohrförmig	Drehsteller	Shuttle-Dial		
St_019	Drehknopf rohrförmig monostabil linear	Drehsteller	Shuttle-Dial		
St_020	Drehkreuz	Drehsteller			
St_021	Drehschalter	Drehschalter			
St_022	Drehschalter klein	Drehschalter			
St_023	Dreh-Scheibe	Drehsteller	Click-Wheel, Wählscheibe		
St_024	Dreh-Schiebe-Taster	Mehrwege-Ele- ment	Sitzverstell- schalter		
St_025	Drehtaster	Drehtaster	Jog-Dial		
St_026	Drehtaster rohrförmig	Drehtaster	Shuttle-Dial		


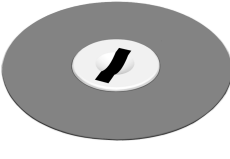
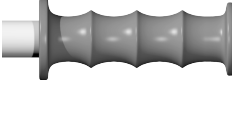

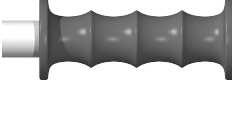
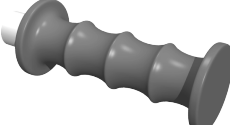

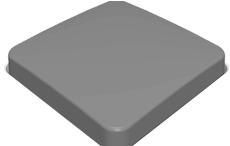

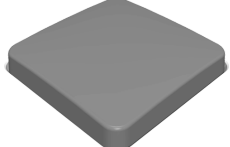

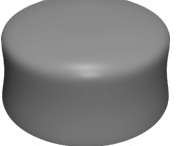
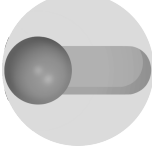
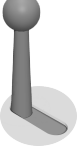
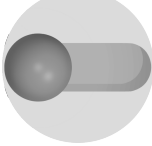
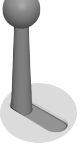
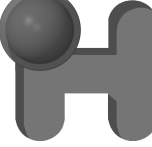

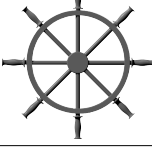

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_027	Druckschalter	Druckschalter			
St_028	Drück-Schiebe-Taster	Mehrwege-Ele- ment	Schiebedach- schalter		
St_029	Drück-Zieh-Schalter	Druckschalter	Zugschalter		
St_030	Drück-Zieh-Taster	Drucktaster			
St_031	Fingerhebel	Hebel	Motorradbremse / -kupplung		
St_032	Fingerkurbel	Kurbel			
St_033	Fingerschieber	Schiebesteller			
St_034	Fingerschieber mit Steg	Schiebesteller			
St_035	Fingerschieber mono- stabil linear	Schiebesteller			
St_036	Fingerschiebetaster	Schiebetaster			


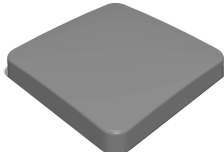

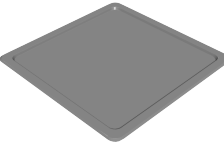

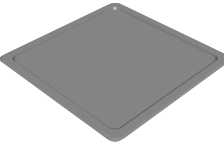
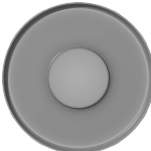
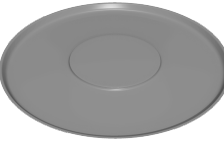
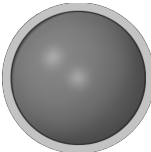
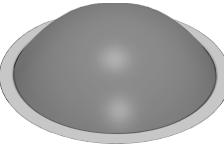
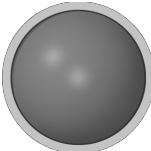
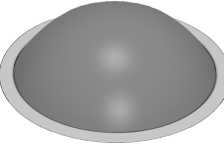
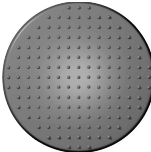
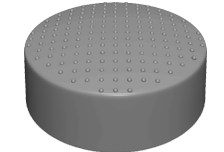

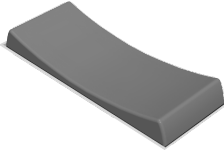

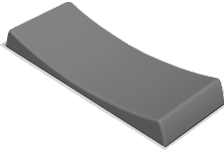
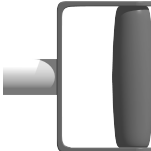

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_037	Fußschalter	Druckschalter			
St_038	Fußtaster	Drucktaster			
St_039	Halbwippe	Drucktaster	Pulttaster		
St_040	Handrad	Drehsteller	Lenkrad		
St_041	Handrad klein	Drehsteller			
St_042	Handschieber	Schiebesteller			
St_043	Joystick	Joystick	Stellhebel mo- nostabil		
St_044	Joystick dreh- und drückbar	Joystick	Sidewinder		
St_045	Joystick drehbar	Joystick			
St_046	Joystick drückbar	Joystick			

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_047	2D Kipphebeltaster	Joystick	Joystick klein (digital, keine Diagonalen)		
St_048	Joystick weglos	Joystick			
St_049	Kipphebelschalter	Kipphebelschal- ter	Kippschalter		
St_050	Kipphebeltaster	Kipphebeltaster	Kipptaster, Fensterheber- schalter		
St_051	Kipp-Schiebe-Steller	Mehrwege-Ele- ment	Luftausströmer		
St_052	Klinke	Klinke			
St_053	Knebelschalter	Drehschalter			
St_054	Knebeltaster	Drehtaster			
St_055	Kreuzgriff	Drehsteller			
St_056	Kreuzwippe	Kreuzwipptaster	2D Wipptaster		

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_057	Kreuzwippe mit Mittel- druckpunkt	Kreuzwipptaster			
St_058	Kulissenhebel	Hebel	Ganghebel, GWS		
St_059	Kurbel	Kurbel			
St_060	Längshandgriff	Schiebesteller			
St_061	Lenkstockhebel	Lenkstockhebel			
St_062	Lenkstockhebel nicht rastend	Lenkstockhebel			
St_063	Maus	Maus			
St_064	Maus drehbar	Maus			
St_065	Maus drückbar	Maus			
St_066	Pedal	Pedal			
St_067	Rändelrad	Rändelrad			

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreterteil	alternative Namen bzw. Beispiele	Draufsicht	Perspektive
St_068	Rändelrad drück- und seitwärts kippbar	Rändelrad			
St_069	Rändelrad drückbar	Rändelrad			
St_070	Rändelrad monostabil linear	Rändelrad			
St_071	Rändelrad seitwärts kippbar	Rändelrad			
St_072	Rändelradtaster	Rändelradtaster			
St_073	Rändelradtaster drückbar	Rändelradtaster			
St_074	Schieberegler	Schiebesteller			
St_075	Schieberegler monostabil linear	Schiebesteller			
St_076	Schiebeschalter	Schiebeschalter			
St_077	Schlüsselschalter	Drehschalter			

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_078	Schlüsseltaster	Drehtaster			
St_079	Schubstange	Schiebesteller			
St_080	Schubstange mit Griff	Schiebesteller	Drück-Zieh- Schieber, RR Gebläseklap- pensteller		
St_081	Sensortaster kraftfrei	Sensor	kraftfreier Taster		
St_082	Sensortaster wegfrei	Sensor	wegfreier Taster		
St_083	Spacemouse	Mehrwege-Ele- ment			
St_084	Stellhebel	Hebel			
St_085	Stellhebel drückbar	Hebel			
St_086	Stellhebel mit Man- schette	Hebel			
St_087	Steuerrad	Steuerrad	nautisches Steuerrad		

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_088	Taster	Drucktaster			
St_089	Touchpad	Touchpad			
St_090	Touchscreen	Touchpad			
St_091	Touch-Wheel	Touchpad			
St_092	Trackball	Trackball	Rollball		
St_093	Trackball drückbar	Trackball	Rollball		
St_094	Trackpoint	Trackpoint			
St_095	Wippschalter	Wippschalter			
St_096	Wipptaster	Wipptaster			
St_097	Zuggriff	Zuggriff	Zugbügel		

Identifizierung		Ordnung		Abbildungen	
Lfd. Nr.	Stellteil	Stellvertreter- teil	alternative Na- men bzw. Bei- spiele	Draufsicht	Perspektive
St_098	Zuggurt	Zuggurt			
St_099	Zugkette	Zuggurt			
St_100	Zugring	Zuggriff			
St_101	Drehhebel monostabil	Hebel	Rändelrad mit Steg, Schaufel- rad		

Anhang E: Anzeigen-Baukasten

Liste der möglichen Anzeigen-Kodierungen

Die Tabelle 40 enthält die Auflistung aller in Kapitel 6.3 besprochenen Kodierungen. Die erste Spalte enthält eine laufende Nummer im Format „Code_xx“, die zweite Spalte die Beschreibung der Kodierung gemäß der Ordnung und Wortwahl der DIN EN 60073, welche Sinneskanal, Hauptmerkmal und Ausprägung des Merkmals aufzählt. Die verbleibenden vier Spalten stellen die Eignung der Kodierung für die Darstellungsformen nach Rühmann fest (Ruehmann 1993 a, S. 425 ff; siehe auch Kapitel 6.1.2).

Tabelle 40: Alle möglichen Kodierungen von Information, basierend auf Anhang C der DIN EN 60073 (DIN EN 60073, S. 25 ff)

Kodierungen		mögliche Darstellungsformen			
Lfd. Nr.	Kodierung	digital	analog	bildhaft	situations- analog
Code_01	optisch, Farbe, Helligkeit	ja	ja	nein	nein
Code_02	optisch, Farbe, Sättigung	ja	ja	nein	nein
Code_03	optisch, Farbe, Buntton (Farbe)	ja	ja	nein	nein
Code_04	optisch, Farbe, Kontrast	ja	ja	nein	nein
Code_05	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Figur, Schrift, Ziffern	ja	nein	nein	nein
Code_06	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Figur, Symbolik	ja	nein	nein	nein
Code_07	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Figur, Abbildung / Piktogramm	ja	nein	ja	nein
Code_08	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Figur, Linien	ja	nein	ja	nein
Code_09	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Form, Zeichensatz	ja	nein	nein	nein
Code_10	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Form, Größe	ja	ja	ja	ja
Code_11	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Form, Linienbreite	ja	ja	nein	nein
Code_12	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Textur, Linienart	ja	nein	nein	nein
Code_13	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Textur, Schattierung	ja	nein	nein	nein
Code_14	optisch, Gestalt (Lichtmuster), Textur, Schraffur	ja	nein	nein	nein
Code_15	optisch, Position, Lage, absolut	ja	ja	ja	ja

Kodierungen		mögliche Darstellungsformen			
Lfd. Nr.	Kodierung	digital	analog	bildhaft	situations-analog
Code_16	optisch, Position, Lage, relativ	ja	ja	ja	ja
Code_17	optisch, Position, Orientierung (Winkel)	ja	ja	ja	ja
Code_18	optisch, zeitlicher Verlauf von, Helligkeit (Blinken)	ja	ja	nein	nein
Code_19	optisch, zeitlicher Verlauf von, Farbe	ja	ja	nein	nein
Code_20	optisch, zeitlicher Verlauf von, Gestalt	ja	ja	nein	nein
Code_21	optisch, zeitlicher Verlauf von, Position	ja	ja	nein	nein
Code_22	akustisch, Tonart, Ton	ja	nein	nein	nein
Code_23	akustisch, Tonart, Sprache	ja	nein	nein	nein
Code_24	akustisch, Tonart, Melodie / Geräusch	ja	nein	nein	nein
Code_25	akustisch, Reinton, Tonhöhe = Frequenz	ja	ja	nein	nein
Code_26	akustisch, Reinton, Schalldruckpegel	ja	ja	nein	nein
Code_27	akustisch, zeitlicher Verlauf von, Frequenz / Frequenzzusammensetzung	ja	nein	nein	nein
Code_28	akustisch, zeitlicher Verlauf von, Schalldruckpegel	ja	ja	nein	nein
Code_29	akustisch, zeitlicher Verlauf von, Gesamtdauer	ja	ja	ja	ja
Code_30	akustisch, Position der Schallquelle	ja	ja	ja	ja
Code_48	akustisch, zeitlicher Verlauf von, Position der Schallquelle	ja	ja	ja	ja
Code_31	mechanisch, Gestalt, Form	ja	ja	ja	ja
Code_32	mechanisch, Gestalt, Rauheit	ja	ja	nein	nein
Code_33	mechanisch, Kraft, Amplitude	ja	ja	nein	nein
Code_34	mechanisch, Vibration, Amplitude	ja	ja	nein	nein
Code_35	mechanisch, Vibration, Frequenz	ja	ja	nein	nein
Code_36	mechanisch, Position, Lage	ja	ja	ja	ja
Code_37	mechanisch, Position, Orientierung (Winkel)	ja	ja	ja	ja
Code_38	mechanisch, zeitlicher Verlauf von, Kraft	ja	nein	nein	nein
Code_39	mechanisch, zeitlicher Verlauf von, Vibration	ja	nein	nein	nein
Code_40	mechanisch, zeitlicher Verlauf von, Position (Weg, Auslenkung)	ja	ja	nein	nein
Code_41	olfaktorisch	ja	nein	nein	nein
Code_42	gustatorisch	ja	nein	nein	nein
Code_43	thermisch, Temperatur	ja	ja	nein	nein
Code_44	Schmerz	ja	nein	nein	nein
Code_45	Lagesinn	ja	ja	nein	nein
Code_46	Kraftsinn	ja	ja	nein	nein
Code_47	Kinästhesie	ja	ja	nein	nein

Anzeigen-Stereotypen des Baukastens

In Tabelle 41 sind alle Anzeige-Stereotypen des Baukastens aufgelistet, wie sie in Kapitel 6.5.1 beschrieben werden. Die erste Spalte identifiziert das Anzeigenelement durch einen im Rahmen dieser Arbeit vergebenen Identifikator nach dem bekannten Schema im Format „An_xxx“, bestehend aus den Buchstaben „An“ für „Anzeige“ und einer dreistelligen, laufenden Nummer. Eine Besonderheit dieses Identifikators ist die erste der drei Stellen der laufenden Nummer: Sie

beschreibt den Sinneskanal, wobei die „0“ für optische Anzeigen steht, die „1“ für akustische und die „2“ für haptische Anzeigenelemente.

In der zweiten Spalte findet sich ein eindeutiger Name. Die Namensgebung folgt keinem speziellen Schema, oft ist eine Codebezeichnung Teil des Anzeigenamens. Die dritte Spalte gibt zumeist ein Beispiel einer häufigen Anwendung des entsprechenden Baukastenelements beziehungsweise einen alternativen Namen, unter dem man das Baukastenelement auch kennt. Die vierte Spalte in Tabelle 41 enthält das wichtigste Merkmal jedes Anzeigenelements, nämlich den Sinneskanal, auf dem sie wirkt.

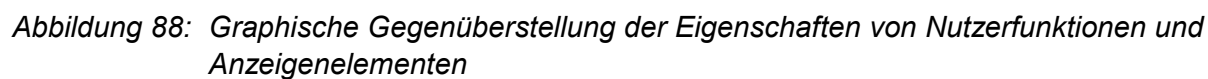
Tabelle 41: Elemente des Anzeigen-Baukastens

Identifizierung		Ordnung	Eigenschaften	
Lfd. Nr.	Anzeigenelement	alternative Namen bzw. Beispiele	Sinneskanal	Primärer Code
An_001	Wärmebild		optisch	Code_01
An_002	Videobild	Farbbildschirm, Monochrombildschirm, Spiegel	optisch	Code_07
An_003	Schematisches Bild (sonstige Objekte)	Einstellung der Sitzheizungs-Wärmeverteilung	optisch	Code_07
An_004	Fahrzeugschema von oben	Parkabstandspiepser	optisch	Code_07
An_005	Fahrzeugschema seitlich		optisch	Code_07
An_006	Fahrzeugschema von vorne		optisch	Code_07
An_007	Fahrzeugschema von hinten		optisch	Code_07
An_008	Videobild 3-D	Spiegel	optisch	Code_07
An_009	Kartenansicht 2-D	Navigationssystem, Radar	optisch	Code_07
An_010	Kartenansicht 3-D		optisch	Code_07
An_011	Balkenanzeige monochrom	E65-Tankanzeige, Sitzheizung	optisch	Code_10
An_012	Balkenanzeige mit farbigen Bereichen	HiFi-Pegel, alte BMW Service-Intervallanzeige	optisch	Code_10
An_013	Linearanzeige	Fader Radio Business	optisch	Code_15
An_014	Linearanzeige mit farbigen Bereichen		optisch	Code_15
An_015	Rundanzeige	Tacho	optisch	Code_17
An_016	Rundanzeige mit Zeigerstummel	E60 Gebläsestärke, Mercedes Tacho	optisch	Code_15
An_017	Sektoranzeige	Casio G-Shock	optisch	Code_17
An_018	Sektoranzeige mit farbigen Bereichen		optisch	Code_17
An_019	Ampel		optisch	Code_03
An_020	Ziffernanzeige		optisch	Code_05
An_021	Textanzeige	Punktmatrix, Fallblattanzeige, Bildschirm,...	optisch	Code_05
An_022	Keilbalkenanzeige	Schwellbalken im Gebläsemodus	optisch	Code_10
An_023	Keilzeigeranzeige	Schwellbalken im Klima-Stil-Modus	optisch	Code_15
An_024	Keilbalkenanzeige mit farbigen Bereichen		optisch	Code_10
An_025	Leuchtsymbol	Kammerleuchte, Telltale, Kontrollleuchte	optisch	Code_06
An_026	Leuchtsymbol mehrfarbig	VW-Suchbeleuchtung	optisch	Code_06
An_027	Leuchtsymbol größenkodiert		optisch	Code_06
An_028	Kontrollleuchte monochrom	Punktlichtquelle, Schauzeichen	optisch	Code_01
An_029	Kontrollleuchte mehrfarbig		optisch	Code_01
An_030	Zeigerfeste Anzeige	Badezimmerwaage, Walzentacho, Lupentacho	optisch	Code_16

Identifizierung		Ordnung	Eigenschaften	
Lfd. Nr.	Anzeigenelement	alternative Namen bzw. Beispiele	Sinneskanal	Primärer Code
An_031	polystabiles Bedienelement Drehsteller	Knebelschalter, Drehschalter	optisch & haptisch	Code_17
An_032	pantostabiles Bedienelement Linearsteller mit Skala	Schiebesteller	optisch	Code_17
An_033	Blinklicht	Rundumkennleuchte, "Blaulicht"	optisch	Code_18
An_034	Blitzlicht	Stroboskop, Baustellenabsicherung, (Blinklicht, das so hell ist, dass man auch den Widerschein noch wahrnimmt und eine Aufleuchtzeit < 0,5 s hat.)	optisch	Code_18
An_035	Lauflicht	Baustellenabsicherung, (Blinklichter, die so arrangiert sind, dass ein Bewegungseindruck entsteht.)	optisch	Code_21
An_036	polystabiles Bedienelement Drehsteller mit Skala	Knebelschalter, Drehschalter	optisch & haptisch	Code_17
An_037	pantostabiles Bedienelement Linearsteller mit Skala	Schiebesteller	optisch	Code_17
An_101	Klangzeichen Hinweiston	Gong	akustisch	Code_24
An_102	Klangzeichen dringender Warnton	Sirene, Hupe	akustisch	Code_24
An_103	Klangzeichen sanfter Warnton	Klingel, Doppelgong	akustisch	Code_24
An_104	Piepser tonfrequenzkodiert	Kondensator	akustisch	Code_25
An_105	Piepser lautstärkekodiert		akustisch	Code_26
An_106	Piepser intervallkodiert	Parkabstandsiepser	akustisch	Code_28
An_107	Piepser positionskodiert	Parkabstandsiepser	akustisch	Code_30
An_108	Piepser richtungskodiert		akustisch	Code_30
An_109	Dauerton	Summer	akustisch	Code_29
An_110	Auditory Icon	(repräsentatives Klangzeichen, vergleiche Kapitel 6.1.2)	akustisch	Code_24
An_111	Auditory Icon positionskodiert		akustisch	Code_24
An_112	Sprachausgabe	Navigationshinweis	akustisch	Code_23
An_113	Schrankwandecho	Abstandsvoranzeige	akustisch	Code_28
An_201	Vibration frequenzkodiert	Mobiltelefon	haptisch	Code_35
An_202	Vibration intervallkodiert	Mobiltelefon (z.B. Siemens C55)	haptisch	Code_39
An_203	Vibration amplitudenkodiert		haptisch	Code_34
An_204	Vibration richtungskodiert	Spurverlassenswarnung	haptisch	Code_39
An_205	Kraft (Force-Feedback) amplitudenkodiert	Joystick	haptisch	Code_33
An_206	Kraft (Force-Feedback) richtungskodiert	Lenkmoment	haptisch	Code_40
An_207	geometrisches Objekt	Orientierungsfuge, Fingerleiste, Tastaturmarkierung	haptisch	Code_31
An_208	variable Oberfläche	Nano-Oberfläche	haptisch	Code_32
An_209	variable Form	Nagelbild, Gliederoberfläche, Morphoberfläche	haptisch	Code_31

Gegenüberstellung der Merkmale

Abbildung 88 zeigt die in Kapitel 6.6 beschriebene graphische Gegenüberstellung aller Eigenschaften von Nutzerfunktionen und Anzeigenelementen. Analog Abbildung 86 sind auch hier Verbindungen zwischen Nutzerfunktionseigenschaften und Anzeigenelementeigenschaften in Form von Verbindungslinien eingezeichnet. Blaue Verbindungslinien kennzeichnen besonders



Auflistung aller Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Anzeigenelementen

Die nachfolgende Tabelle 42 listet alle Eigenschaftskonstellationen auf die bei der Suche nach dem optimalen Anzeigenelement für jede Paarung aus Nutzerfunktion und Anzeigen-Stereotyp überprüft werden. Die Herleitung dieser Bedingungen wird in Kapitel 6.6 beschrieben. Es enthält die erste Spalte dabei jeweils das zu überprüfende Merkmal von Nutzerfunktion oder Anzeigenelement, die zweite den mathematischen Operator, der das Merkmal mit der Ausprägung in der dritten Spalte verknüpft. Die Spalten vier und fünf enthalten logische Operatoren, die die Einzelbedingungen einer Zeile zu einer ganzen Bedingung verknüpfen, zum Teil in zwei Ebenen. Ganze Bedingungen – also Eigenschaftskonstellationen – sind durch Leerzeilen voneinander getrennt. Die sechste Spalte enthält eine Anmerkung oder Begründung für die jeweilige Bedingung.

Tabelle 42: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	kleiner als	2		UND	Schnelle Reaktion nötig → schnelle Wahrnehmung
schnelle Wahrnehmung, digital (ggü. "Aus"-Stufe) (1) (AN)	ist	"sehr gut"	ODER		
schnelle Wahrnehmung, digital (ggü. "Aus"-Stufe) (1) (AN)	ist	"gut"			
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	kleiner als	2		UND	Schnelle Reaktion nötig → schnelle Wahrnehmung
schnelle Wahrnehmung, analog (1) (AN)	ist	"sehr gut"	ODER		
schnelle Wahrnehmung, analog (1) (AN)	ist	"gut"			
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzeigen-Matrix, hohe Bewertung der Gleichheit
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (AN)					
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzeigen-Matrix, geringere Bewertung der Ungleichheit (kleiner als)
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (AN)					
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzeigen-Matrix, hohe Bewertung der Gleichheit
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (AN)					
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzeigen-Matrix, geringere Bewertung der Ungleichheit (kleiner als)
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (AN)					

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Anmerkung, Begründung
Physikalische Eingangs-Größe (Funktion)	ist enthalten in	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Wenn es eine vom Menschen wahrnehmbare physikalische Größe ist, dann könnte die Anzeige dieselbe physikalische Größe benutzen
physikalische Größe (1) (AN)					
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	translatorisch	UND		Gleiche Bewegungsart (Kompatibilität)
Bewegungsart (AN)	enthält	translatorisch			
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	rotatorisch	UND		Gleiche Bewegungsart (Kompatibilität)
Bewegungsart (AN)	enthält	rotatorisch			
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 1 (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzahl der Möglichkeiten gleich
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten als Zahl (1) (AN)					
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 1 (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			Anzahl der Möglichkeiten muss beim AN zumindest größer sein, aber geringere Bewertung
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten als Zahl (1) (AN)					
Dimensionalität / Freiheitsgrade (Funktion)	größer als	1		UND	Mehr als eine Dimension kann nur von bildhaften oder situationsanalogen Anzeigen abgebildet werden
bildhaft (1) (AN)	ist	"ja"	ODER		
situationsanalog (1) (AN)	ist	"ja"			
absolute Skala möglich (1)	ist	"ja"			Vorteil
relative Skala (zweiter Zeiger) möglich (1)	ist	"ja"			Vorteil
Bereichsanzeige möglich (exakter Wert in großem Bereich) (1)	ist	"ja"			Vorteil

Gewichtung der Eigenschaftskonstellationen von Funktionen und Anzeigenelementen

Die nachfolgende Tabelle 43 enthält dieselben Bedingungen wie Tabelle 42, allerdings mit der zugehörigen Gewichtung, wie sie in Kapitel 6.6 beschrieben wird.

Tabelle 43: Bedingungen für die Suche nach dem optimalen Anzeigenelement mit vergebenen Punkten und Gewichtung

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	kleiner als	2		UND	1	5	5
schnelle Wahrnehmung, digital (ggü. "Aus"-Stufe) (1) (AN)	ist	"sehr gut"	ODER				
schnelle Wahrnehmung, digital (ggü. "Aus"-Stufe) (1) (AN)	ist	"gut"					
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	kleiner als	2		UND	1	5	5
schnelle Wahrnehmung, analog (1) (AN)	ist	"sehr gut"	ODER				
schnelle Wahrnehmung, analog (1) (AN)	ist	"gut"					
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			2	5	10
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (AN)							
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	5	5
Schadensausmaß als Zahl (ordinale Skala) (AN)							
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			2	5	10
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (AN)							
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	5	5
Zeitbudget als Zahl (ordinale Skala) (AN)							
Physikalische Eingangs-Größe (Funktion)	ist enthalten in	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	1	1
physikalische Größe (1) (AN)							
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	translatorisch	UND		1	2	2
Bewegungsart (AN)	enthält	translatorisch					
Bewegungsart Dimension 1 (Funktion)	ist	rotatorisch	UND		1	2	2
Bewegungsart (AN)	enthält	rotatorisch					

Merkmal	Operator	Wert	logische Verknüpfung 1 (innere)	logische Verknüpfung 2 (äußere)	Punkte bei Erfüllung	Gewicht	Maximal mögliche Punktzahl
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 1 (Funktion)	ist gleich	(Eigenschaft - nächste Zeile)			3	3	9
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten als Zahl (1) (AN)							
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten Dimension 1 (Funktion)	ist kleiner als	(Eigenschaft - nächste Zeile)			1	3	3
Anzahl der Auswahlmöglichkeiten als Zahl (1) (AN)							
Dimensionalität / Freiheitsgrade (Funktion)	größer als	1		UND	1	3	3
bildhaft (1) (AN)	ist	"ja"	ODER				
situationsanalog (1) (AN)	ist	"ja"					
absolute Skala möglich (1)	ist	"ja"			1	1	1
relative Skala (zweiter Zeiger) möglich (1)	ist	"ja"			1	1	1
Bereichsanzeige möglich (exakter Wert in grobem Bereich) (1)	ist	"ja"			1	1	1

Anhang F: Bedien- und Anzeigeorte

Liste der Ortsklassen

Tabelle 44 enthält alle Ortsklassen der Analyse von Bedien- und Anzeigeorten, wie sie in Kapitel 7.1 beschrieben ist. Der in der ersten Spalte enthaltene Identifikator folgt angelehnt an das bereits vertraute Schema dem Format „Ort_xx“, bestehend aus dem Wort „Ort“ und einer zweistelligen, laufenden Nummer. Die zweite Spalte enthält den Namen der Ortsklasse.

Tabelle 44: Liste aller Ortsklassen

Lfd. Nr.	Ortsklasse
Ort_01	Armaturenbrett Beifahrerbereich
Ort_02	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad
Ort_03	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad
Ort_04	Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad
Ort_05	Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad
Ort_06	Armaturenbrettzentrum links
Ort_07	Armaturenbrettzentrum rechts
Ort_08	Außenspiegel links
Ort_09	Außenspiegel rechts
Ort_10	Beifahrersitz links
Ort_11	Beifahrersitz rechts
Ort_12	Beifahrersitz vorne
Ort_13	Beifahrertür Mitte
Ort_14	Beifahrertür oben

Lfd. Nr.	Ortsklasse
Ort_15	Dachhimmel
Ort_16	Fahrsitz links
Ort_17	Fahrsitz rechts
Ort_18	Fahrsitz vorne
Ort_19	Fahrtür Mitte
Ort_20	Fahrtür oben
Ort_21	Fußraum Beifahrer
Ort_22	Fußraum Fahrer
Ort_23	HeadUp Display
Ort_24	Innenspiegel
Ort_25	Kombiinstrument
Ort_26	Lenkradfläche oben links
Ort_27	Lenkradfläche oben Mitte
Ort_28	Lenkradfläche oben rechts
Ort_29	Lenkradfläche unten links
Ort_30	Lenkradfläche unten Mitte
Ort_31	Lenkradfläche unten rechts
Ort_32	Lenksäule
Ort_33	Lenkstockhebel links oben
Ort_34	Lenkstockhebel links unten
Ort_35	Lenkstockhebel rechts oben
Ort_36	Lenkstockhebel rechts unten
Ort_37	Mittelkonsole links hinten
Ort_38	Mittelkonsole links oben
Ort_39	Mittelkonsole links unten
Ort_40	Mittelkonsole links vorne
Ort_41	Mittelkonsole rechts hinten
Ort_42	Mittelkonsole rechts oben
Ort_43	Mittelkonsole rechts unten
Ort_44	Mittelkonsole rechts vorne
Ort_45	Mitteltunnel links
Ort_46	Mitteltunnel oben
Ort_47	Mitteltunnel rechts
Ort_48	Peripheres HeadUp Display
Ort_49	Türarmlehne Beifahrer
Ort_50	Türarmlehne Fahrer
Ort_51	A-Säule oben
Ort_52	A-Säule Mitte

Eigenschaften der Ortsklassen

Tabelle 45 enthält die Eigenschaften der Ortsklasse, wie sie in Kapitel 7.2.2 erläutert werden. Dabei sind die aus den Abbildungen (Abbildung 63, Abbildung 64, Abbildung 65 und Abbildung) in Kapitel 7.2.1 ersichtlichen Ausprägungen der beschriebenen Merkmale tabellarisch aufgeführt, nämlich die Handwegklasse, die Sichtklasse, die Kopfbewegungsklasse und der zugeordnete Benutzer.

Tabelle 45: Eigenschaften aller Ortsklassen

Lfd. Nr.	Ortsklasse	Handbewegung	Sichtachse	Kopfbewegung	Benutzer
Ort_01	Armaturenbrett Beifahrerbereich	5	4	4	Beifahrer
Ort_02	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad	2	2	1	Fahrer
Ort_03	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad	2	3	2	Fahrer
Ort_04	Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad	2	2	1	Fahrer
Ort_05	Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad	2	3	2	Fahrer
Ort_06	Armaturenbrettzentrum links	3	3	1	beide
Ort_07	Armaturenbrettzentrum rechts	4	3	1	beide
Ort_08	Außenspiegel links	6	3	1	Fahrer
Ort_09	Außenspiegel rechts	6	5	1	Beifahrer
Ort_10	Beifahrersitz links	6	5	4	Beifahrer
Ort_11	Beifahrersitz rechts	6	5	4	Beifahrer
Ort_12	Beifahrersitz vorne	6	5	4	Beifahrer
Ort_13	Beifahrertür Mitte	6	5	4	Beifahrer
Ort_14	Beifahrertür oben	6	5	4	Beifahrer
Ort_15	Dachhimmel	5	3	4	beide
Ort_16	Fahrersitz links	5	5	4	Fahrer
Ort_17	Fahrersitz rechts	5	5	4	Fahrer
Ort_18	Fahrersitz vorne	5	5	4	Fahrer
Ort_19	Fahrertür Mitte	3	3	2	Fahrer
Ort_20	Fahrertür oben	3	3	1	Fahrer
Ort_21	Fußraum Beifahrer	6	5	5	Beifahrer
Ort_22	Fußraum Fahrer	6	5	5	Fahrer
Ort_23	HeadUp Display	6	1	5	Fahrer
Ort_24	Innenspiegel	5	3	3	beide
Ort_25	Kombiinstrument	6	2	5	Fahrer
Ort_26	Lenkradfläche oben links	1	2	1	Fahrer
Ort_27	Lenkradfläche oben Mitte	2	2	1	Fahrer
Ort_28	Lenkradfläche oben rechts	1	2	1	Fahrer
Ort_29	Lenkradfläche unten links	1	3	2	Fahrer
Ort_30	Lenkradfläche unten Mitte	2	3	2	Fahrer
Ort_31	Lenkradfläche unten rechts	1	3	2	Fahrer
Ort_32	Lenksäule	4	5	3	Fahrer
Ort_33	Lenkstockhebel links oben	1	2	1	Fahrer
Ort_34	Lenkstockhebel links unten	1	3	2	Fahrer
Ort_35	Lenkstockhebel rechts oben	1	2	1	Fahrer
Ort_36	Lenkstockhebel rechts unten	1	3	2	Fahrer
Ort_37	Mittelkonsole links hinten	4	4	4	beide
Ort_38	Mittelkonsole links oben	3	3	2	beide
Ort_39	Mittelkonsole links unten	4	4	3	beide
Ort_40	Mittelkonsole links vorne	4	4	3	beide
Ort_41	Mittelkonsole rechts hinten	5	4	4	beide
Ort_42	Mittelkonsole rechts oben	4	4	2	beide
Ort_43	Mittelkonsole rechts unten	4	4	3	beide
Ort_44	Mittelkonsole rechts vorne	5	4	3	beide

Lfd. Nr.	Ortsklasse	Handbewegung	Sichtachse	Kopfbewegung	Benutzer
Ort_45	Mitteltunnel links	5	5	4	beide
Ort_46	Mitteltunnel oben	5	5	4	beide
Ort_47	Mitteltunnel rechts	5	5	4	beide
Ort_48	Peripheres HeadUp Display	6	3	5	Fahrer
Ort_49	Türarmlehne Beifahrer	6	5	4	Beifahrer
Ort_50	Türarmlehne Fahrer	4	4	3	Fahrer
Ort_51	A-Säule oben	5	3	3	Fahrer
Ort_52	A-Säule Mitte	4	3	2	Fahrer

Begriffe des Sortierexperiments

Die für das im Kapitel 7.3.1 beschriebene Sortierexperiment benutzten Begriffe sind in Tabelle 46 aufgelistet. Die erste Spalte enthält eine eigene laufende Nummer, die zweite zeigt den Begriff, also das, was tatsächlich auf der virtuellen Karteikarte steht, und Spalte drei verknüpft diesen Begriff mit der zugehörigen Funktion der Funktionsliste.

Tabelle 46: Liste der Begriffe des Sortierexperiments

Lfd. Nr.	Begriff	Entsprechende Nutzerfunktion der Funktionsliste
1	Abblendlicht automatisch einschalten lassen	Fu_156
2	Abblendlicht einschalten	Fu_155
3	Auffahrwarnung einschalten	Fu_268
4	Ausfahrtskamera einschalten	Fu_289
5	Außenluftzufuhr automatisch absperren lassen	Fu_306
6	Außenspiegel einklappen	Fu_225
7	Automatikgetriebe auf Parkposition stellen	Fu_255
8	automatisch zu haltende Geschwindigkeit einstellen	Fu_260
9	automatisch zu haltenden Abstand zum Vordermann einstellen	Fu_262
10	Bei Halten automatisch Bremse halten (bei Automatikgetriebe)	Fu_248
11	Bergabfahr-Hilfe (Off-Road)	Fu_293
12	beschlagene Frontscheibe abtauen	Fu_137
13	beschlagene Heckscheibe abtauen	Fu_138
14	Blinker setzen	Fu_164
15	CD auswerfen	Fu_092
16	Diagnosemeldungen des Fahrzeugs abrufen	Fu_104
17	Durchschnittsverbrauch abrufen	Fu_107
18	Einpark-Abstands-Anzeige einschalten	Fu_278
19	Empfindlichkeit der Wischerautomatik einstellen	Fu_218
20	ESP ausschalten (Elektronische Stabilitätshilfe)	Fu_292
21	Fahrzeug Beschleunigen und Bremsen	Fu_313
22	Fenster öffnen und schließen	Fu_206
23	Fernlicht automatisch einschalten lassen	Fu_158
24	Fernlicht einschalten	Fu_157
25	Frontscheibe automatisch wischen lassen	Fu_217
26	Frontscheibe dauernd wischen	Fu_215
27	Frontscheibe einmal wischen / von Spritzwasser befreien	Fu_216

Lfd. Nr.	Begriff	Entsprechende Nutzerfunktion der Funktionsliste
28	Frontscheibe reinigen	Fu_219
29	Garagentor öffnen und schließen (Fernbedienen)	Fu_227
30	Gebälsestärke der Klimaanlage einstellen	Fu_131
31	Gespeicherte Sitzposition abrufen	Fu_191
32	Getriebegang wählen	Fu_307
33	Getriebemodus auswählen (Komfort/Sport)	Fu_257
34	Headup-Display einschalten	Fu_291
35	Heckscheibe dauernd wischen	Fu_220
36	Heckscheibe reinigen	Fu_221
37	Hupen	Fu_242
38	im Musiktitel vor- oder zurückspulen	
39	Innenlufttemperatur einstellen	Fu_124
40	Innenraumbelichtung einschalten	Fu_171
41	Instrumentenhelligkeit einstellen	Fu_168
42	Kilometerstand zurücksetzen	Fu_249
43	Klimaanlage automatisch regeln lassen	Fu_134
44	Klimaanlage einschalten	Fu_109
45	Kofferraum öffnen	Fu_198
46	Lenken	Fu_312
47	Lenkradheizung einschalten	Fu_244
48	Lenkradposition einstellen	Fu_243
49	Leseleuchte einschalten	Fu_169
50	Lichthupen	Fu_159
51	Luftverteilung der Klimaanlage einstellen	Fu_111
52	Maximale Innenraumkühlung einschalten	Fu_136
53	Motor starten und ausschalten	Fu_245
54	Motorhaube öffnen	Fu_202
55	Musiklautstärke einstellen	Fu_305
56	Musikquelle CD auswählen	Fu_008
57	Musikquelle Radio auswählen	Fu_076
58	Musiktitel auswählen	Fu_093
59	Nachtsicht einschalten	Fu_287
60	Navigationsziel eingeben	Fu_049
61	Nebelscheinwerfer einschalten	Fu_160
62	Nebelschlußleuchte einschalten	Fu_161
63	Notruf starten	Fu_027
64	Parkbremse einlegen und lösen	Fu_247
65	Parklicht einschalten	Fu_166
66	Radiosender einstellen	Fu_078
67	Rückfahrkamera einschalten	Fu_285
68	Scheinwerfer-Leuchtweite einstellen	Fu_162
69	Schiebedach öffnen und schließen	Fu_213
70	Sitzbelüftung einschalten	Fu_143
71	Sitzheizung einschalten	Fu_145
72	Sitzmassagefunktion einschalten	Fu_188

Lfd. Nr.	Begriff	Entsprechende Nutzerfunktion der Funktionsliste
73	Sitzposition einstellen	Fu_300
74	Spiegel einstellen	Fu_224
75	Sprachsteuerung auslösen	Fu_015
76	Spurverlassenswarnung einschalten	Fu_272
77	Standlicht einschalten	Fu_154
78	Tagfahrlicht einschalten	Fu_173
79	Telephonanruf annehmen	Fu_020
80	Telephonanruf starten	Fu_019
81	Telephonnummer eingeben	Fu_016
82	Tempomat einschalten	Fu_258
83	Toter-Winkel-Warnung einschalten	Fu_274
84	Tür öffnen und schließen	
85	Türen verriegeln und entriegeln	Fu_236
86	Umluftfunktion einschalten	Fu_139
87	Verdeck öffnen und schließen (beim Cabriolet)	Fu_214
88	Verkehrsfunk einschalten	Fu_043
89	Warnblinker einschalten	Fu_167
90	Zielführung des Navigationssystems ein- und ausschalten	Fu_030

Nichtmetrische mehrdimensionale Skalierung

Die Abbildung 89 zeigt das Ergebnis einer nichtmetrischen mehrdimensionalen Skalierung, wie sie in Kapitel 7.3.1 als eine der möglichen Auswertemethoden der Mittelwertdistanzmatrix des Sortierexperiments beschrieben wird. Die Abbildung zeigt das tatsächliche Ergebnis des Sortierexperiments. Die Diskussion aller Ergebnisse findet in Kapitel 7.4 statt.



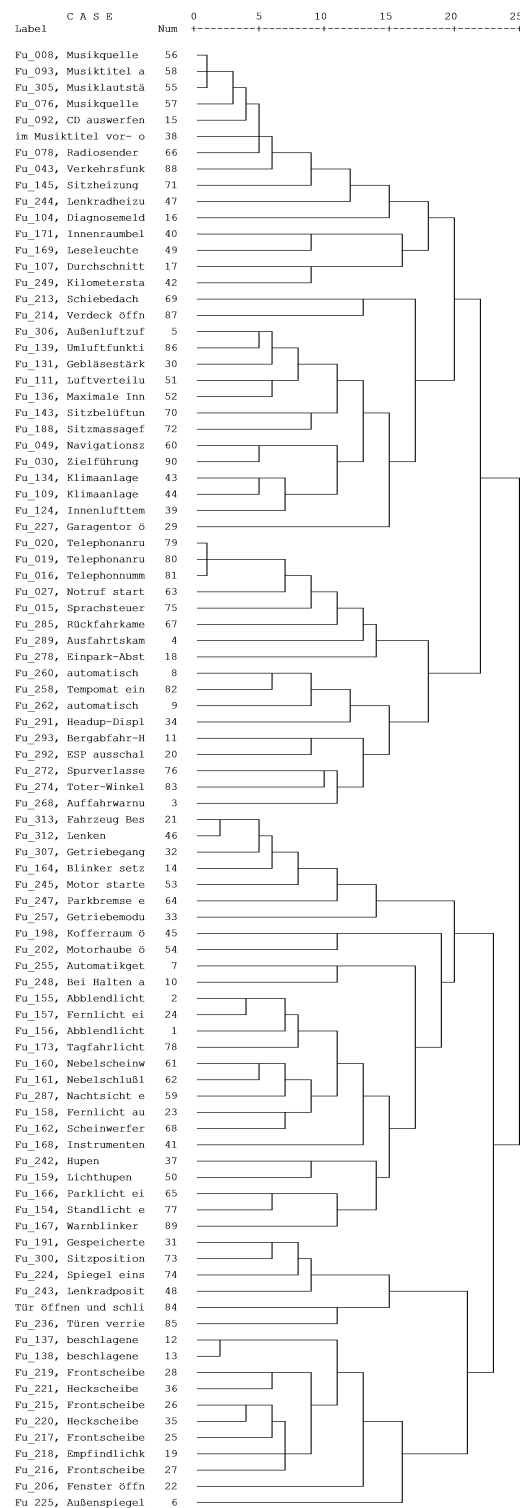


Abbildung 90: Dendrogramm als Ergebnis der hierarchischen Clusteranalyse

Flussdiagramm der Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes

Die Abbildung 91 zeigt den in Kapitel 7.3.2 beschriebenen Ablauf der Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes als Flussdiagramm.

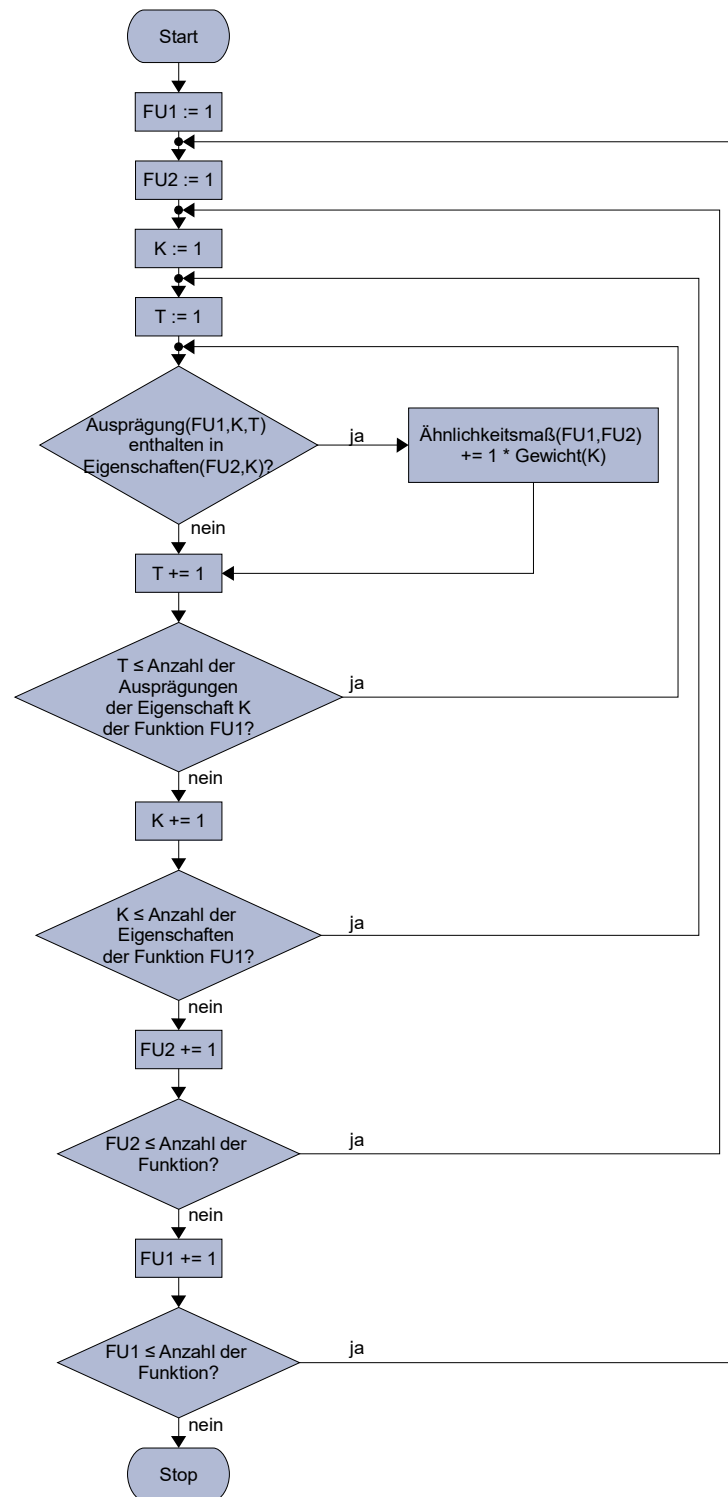


Abbildung 91: Flussdiagramm des Algorithmus zur Erstellung des Ähnlichkeitsmaßes

Vergleich der Dendrogramme der 90 Funktionen

Abbildung 92 zeigt für die 90 Nutzerfunktionen, die im Sortierexperiment abgefragt werden, die resultierenden und im Abschnitt „Die empirische Gruppierung“ des Kapitels 7.4 besprochenen

Dendrogramme: Links und in der Mitte jene des anwendungsfallorientierten und des geräteorientierten, berechneten Ähnlichkeitsmaßes gemäß Kapitel 7.3.2, rechts das des tatsächlichen, in Kapitel 7.3.1 beschriebenen Sortierexperiments.

Grüne Ovale bedeuten dabei sehr deutliche Cluster, also eine sehr enge Klammer, blaue Ovale sind „normale“ Cluster mit einer Distanz bis zu zehn – das heißt die Breite der Klammer überschreitet auf der Skala, die oben an jedem Dendrogramm zu sehen ist, nicht den Wert zehn. Zur Orientierung sind in allen drei Dendrogrammen senkrechte Linien bei den Skalenwerten fünf und zehn eingezeichnet. Rot umrandete Cluster sind zwar eingezeichnete Gruppen, allerdings mit einer sehr großen Distanz. Grüne Linien verknüpfen Gruppen, die in jeweils zwei Dendrogrammen gleich sind. Rote Linien verbinden Gruppen zwischen den Dendrogrammen, die sich explizit unterscheiden. Nicht offensichtlich erklärbare Ausreißer sind grün hinterlegt.

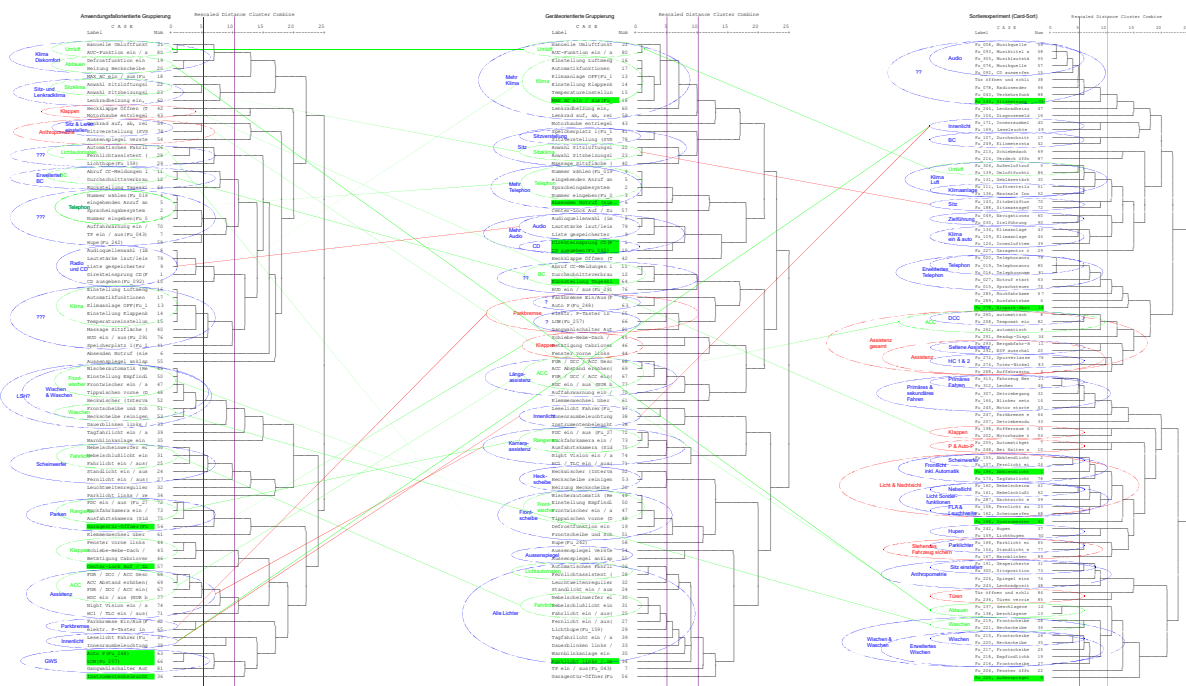


Abbildung 92: Vergleich der drei Dendrogramme über 90 Nutzerfunktionen, links anwendungsfallorientierte, in der Mitte geräteorientierte und rechts empirische Ähnlichkeit.

Vergleich der Dendrogramme der 300 Funktionen

Abbildung 93 zeigt für alle circa 300 Nutzerfunktionen die resultierenden und im Abschnitt „Die theoretische Gruppierung“ des Kapitels 7.4 besprochenen Dendrogramme: Links das des anwendungsfallorientierten und rechts das des geräteorientierten, berechneten Ähnlichkeitsmaßes gemäß Kapitel 7.3.2.

Grüne Ovale bedeuten dabei sehr deutliche Cluster, also eine sehr enge Klammer, blaue Ovale sind „normale“ Cluster mit einer Distanz bis zu zehn – das heißt die Breite der Klammer überschreitet auf der Skala, die oben an jedem Dendrogramm zu sehen ist, nicht den Wert zehn. Zur Orientierung sind in allen drei Dendrogrammen senkrechte Linien bei den Skalenwerten fünf und zehn eingezeichnet. Rot umrandete Cluster sind zwar eingezeichnete Gruppen, allerdings mit einer sehr großen Distanz. Grüne Linien verknüpfen Gruppen, die in jeweils zwei Dendrogrammen gleich sind. Rote Linien verbinden Gruppen zwischen den Dendrogrammen, die sich explizit unterscheiden. Nicht offensichtlich erklärbare Ausreißer sind grün hinterlegt.

men gleich sind. Rote Linien verbinden Gruppen zwischen den Dendrogrammen, die sich explizit unterscheiden. Nicht offensichtlich erklärbare Ausreißer sind grün hinterlegt.

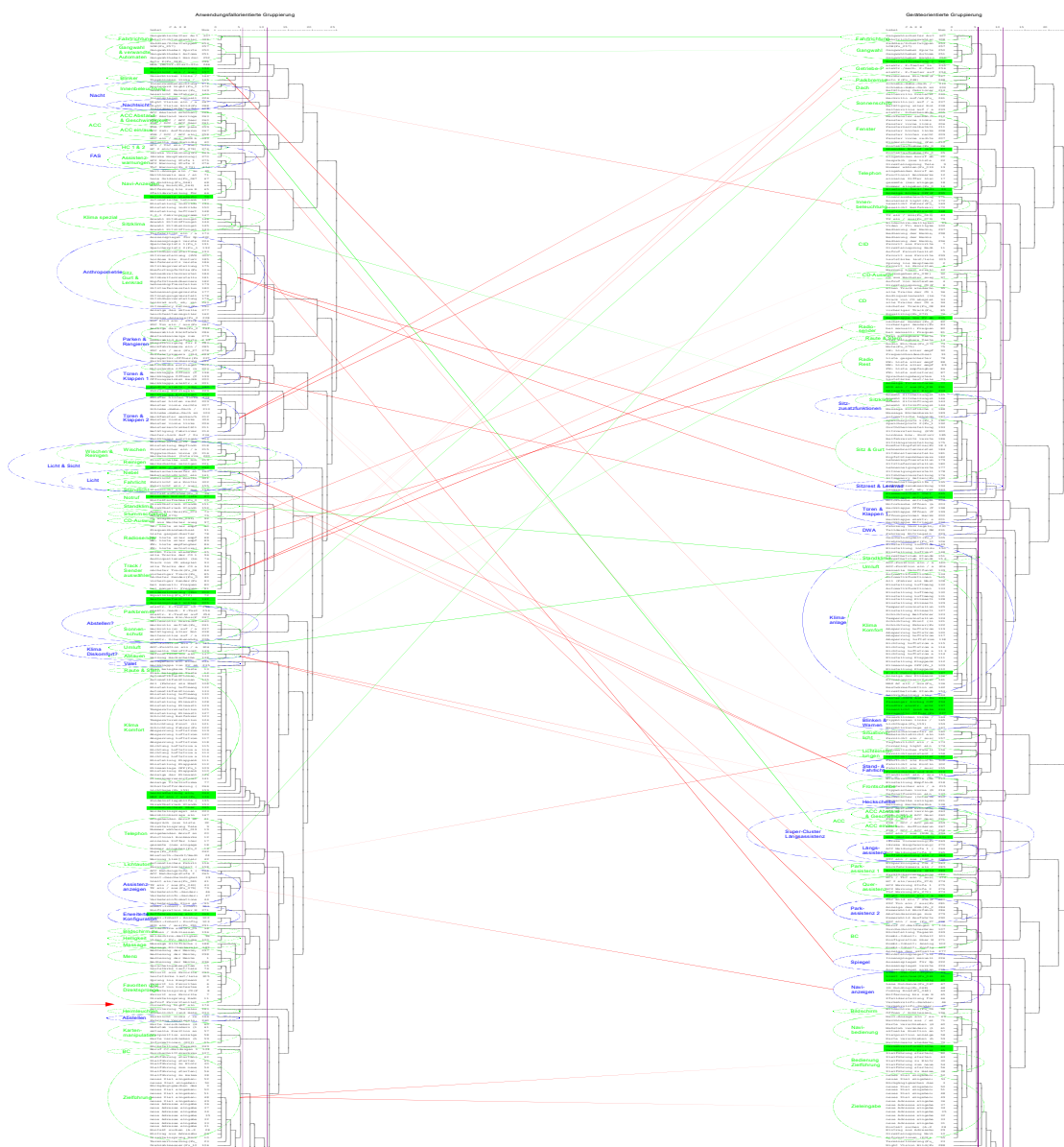


Abbildung 93: Vergleich der beiden Dendrogramme mit 300 Nutzerfunktionen, links anwendungsfall-, rechts geräteorientierte Ähnlichkeit

Anhang G: Gesamtergebnistabelle

Die Gesamtergebnistabelle enthält alle untersuchten Nutzerfunktionen, lediglich gekürzt um Doppelgänger wie beispielsweise die Fensterheber für Beifahrer und Fond, die dasselbe Ergebnis besitzen wie der Fensterheber des Fahrers. In Tabelle 47 sind für die Nutzerfunktionen jeweils das optimale und – falls vorhanden – das gewohnte Bedienelement angegeben, sowie gegebenenfalls ein gewohnter Bedienort, ein relativer Bedienort, also eine Gruppierung mit anderen Funktionen, und ein absoluter Bedienort.

Tabelle 47: Gesamtergebnis: Gewohntes und optimales Bedienelement, sowie gewohnter, optimaler relativer und optimaler absoluter Bedienort für jede Nutzerfunktion

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Bedienung der Menüs	Fu_001	St_003;Dreh-Drück-Schieb-Steller	St_093;Trackball drückbar	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen	Fu_296	St_003;Dreh-Drück-Schieb-Steller	St_068;St_093;R ändelrad drück- und seitwärts kippbar;Trackball drückbar	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Bedienung der Menüs, Auslegung mit großen Listen zweidimensional	Fu_297	St_003;Dreh-Drück-Schieb-Steller	St_068;St_093;R ändelrad drück- und seitwärts kippbar;Trackball drückbar	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Bedienung der Menüs, Auslegung mit Point-And-Click Paradigma	Fu_298	St_003;Dreh-Drück-Schieb-Steller	St_093;Trackball drückbar	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Sprung ins Hauptmenü	Fu_002	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Rückgängigmachen des letzten Interaktionsschrittes (historisch)	Fu_003	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Aufruf von kontextsensitiven Funktionen in der Bildschirmbedienung	Fu_004		St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Aufruf Favoritenliste	Fu_005		St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Favorit in Favoritenliste abspeichern	Fu_006		St_012;Drehknebel			Mittelkonsole links oben
Favorit aus Favoritenliste aktivieren	Fu_007		St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Favorit aus Favoritenliste auswählen und aktivieren	Fu_299		St_004;Dreh-Drück-Steller			Mittelkonsole links oben
Direkteinsprung CD	Fu_008		St_039;St_088;H albwappe;Taster		Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Direkteinsprung Telefon	Fu_009	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Direkteinsprung Navigation	Fu_010	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster	Mitteltunnel oben		Mittelkonsole links oben
Direkteinsprung Radio	Fu_011	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster			Mittelkonsole links oben
Spracheingabesystem ein	Fu_015	St_088;Taster	St_039;St_088;H albwappe;Taster	Lenkrad	einzeln (Lenkrad)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Telefonnummer eingeben	Fu_016		St_012;Drehknebel		Gruppe Telefon (Armaturenbrettzentrum links)	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
eingehenden Anruf annehmen	Fu_020	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkrad	Gruppe Telefon (Armaturenbrettzentrum links (redundant am Lenkrad))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
eingehenden Anruf ablehnen (Reject)	Fu_021		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Gespräch (aus Liste der laufenden Gespräche) auflegen	Fu_022		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Eintrag aus Adressbuch auswählen	Fu_029		St_012;Drehknäbel			
Zielführung zu Eintrag aus Adressbuch starten	Fu_030		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kippheberschalter;Wippschalter			Mittelkonsole links oben
Limit-Geschwindigkeit einstellen	Fu_039		St_012;St_074;Drehknäbel;Schiebereglern		Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
aktuelle Geschwindigkeit als Limit-Geschw. übernehmen	Fu_040		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Limit ein/aus	Fu_041		St_049;Kippheberschalter			Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Verkehrsinformationen ein/aus	Fu_044		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
Verkehrsinfo-Sender: automatische Auswahl	Fu_046		St_049;Kippheberschalter			Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
Verkehrsinfo-Sender: Sender aus Liste auswählen	Fu_047		St_012;Drehknäbel			Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
aktuelle Position anzeigen	Fu_057		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Mittelkonsole links oben
Zielposition anzeigen	Fu_058		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Mittelkonsole links oben
Karte verschieben (horizontal/vertikal)	Fu_059		St_051;Kipp-Schiebe-Steller			Mittelkonsole links oben
Karte verschieben (diagonal)	Fu_060		St_051;Kipp-Schiebe-Steller			Mittelkonsole links oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Maßstab verändern (10m - 1000km)	Fu_061		St_012;St_014;St_016;St_018;St_074;St_080;Drehknebel;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig;Schieberegler;Schubstange mit Griff			Mittelkonsole links oben
Navigations-Ansa-ge ein / aus	Fu_069		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Armaturenbrettzentrum links
Navigationshinweis wiederholen	Fu_070	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Armaturenbrettzentrum rechts
Equalizer	Fu_072		St_004;St_007;Dreh-Drück-Steller;Dreh-Drück-Zieh-Steller			Mittelkonsole links hinten
Audio Ein/Aus	Fu_073	St_004;Dreh-Drück-Steller	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte		Mittelkonsole links oben
Lautstärke laut/leise	Fu_074	St_004;Dreh-Drück-Steller	St_012;St_014;St_016;St_018;St_074;St_080;Drehknebel;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig;Schieberegler;Schubstange mit Griff	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben
Lautstärke laut/leise und ein/aus	Fu_305	St_004;Dreh-Drück-Steller	St_007;Dreh-Drück-Zieh-Steller	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad	Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Mute	Fu_075	St_004;Dreh-Drück-Steller	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte		Mittelkonsole links oben
Audioquellenwahl	Fu_076		St_053;Knebel-schalter	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad	Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
gespeicherten Radiosender aufrufen	Fu_078		St_012;Drehknebel		Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Manuelle Frequenzwahl	Fu_080		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Mittelkonsole links hinten
nächster Sender	Fu_082	St_096;Wipptaster	St_012;Drehknebel	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben
vorheriger Sender	Fu_083	St_096;Wipptaster	St_012;Drehknebel	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben
nächster Track	Fu_084	St_096;Wipptaster	St_012;Drehknebel	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben
vorheriger Track	Fu_085	St_096;Wipptaster	St_012;Drehknebel	Armaturenbrett Mitte;Lenkrad		Mittelkonsole links oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Frequenzbandwechsel AM / FM	Fu_091		St_053;Knebel-schalter			Mittelkonsole links unten;Mittelkonsole links vorne;Mittelkonsole rechts unten
CD ausgeben	Fu_092	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe Audio (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Scan-Funktion CD	Fu_094		St_027;St_029;St_049;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Kipphe-belschalter;Wipp-schalter			Mittelkonsole links oben
einen CD-Titel wiederholen	Fu_095		St_027;St_029;St_049;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Kipphe-belschalter;Wipp-schalter			Mittelkonsole links oben
alle CD-Titel wiederholen	Fu_096		St_027;St_029;St_049;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Kipphe-belschalter;Wipp-schalter			Mittelkonsole links oben
CD aus Wechsler ausgeben	Fu_097		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Mittelkonsole links oben
Bildschirm aus	Fu_098	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Bildschirm-Helligkeit	Fu_099		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Menüsystem
Abruf CheckControl-Meldungen	Fu_104		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe BC (Armaturenbrett links unten vom Lenkrad)	A-Säule oben;Innenspiegel;Mittelkonsole rechts vorne
Durchschnittsverbrauch	Fu_107		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe BC (Armaturenbrett links unten vom Lenkrad)	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad;Lenkradfläche unten Mitte
All (Fahrer als Master für alle Klimateinstellungen)	Fu_108		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphe-belschalter;Wipp-schalter			Mittelkonsole rechts oben
Klimaanlage OFF	Fu_109	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole rechts oben
Einstellung Luft-Klappenkonfig. Front	Fu_110	St_088;Taster	St_053;Knebel-schalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Richtung Luftstrom an Ausströmer	Fu_113		St_092;Trackball			Mittelkonsole links oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Absperrung Luftstrom an Ausströmer und Ausströmodus Komfortdüse	Fu_117		St_051;St_092;Kipp-Schiebe-Steller;Trackball			Mittelkonsole links oben
Schichtung Front	Fu_121		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Mittelkonsole links oben
Temperatureinstellung Fahrer	Fu_124	St_014;Drehknopf groß	St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Temperatureinstellung Beifahrer	Fu_125		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Mittelkonsole links oben
Einstellung Klimastil/Intensität	Fu_127		St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig			Mittelkonsole links oben
Einstellung Luftmenge/Gebälseleistung	Fu_131	St_021;Drehschalter	St_014;St_016;St_018;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Automatikfunktionen ein / aus	Fu_134		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
MAX AC ein / aus	Fu_136		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Defrostfunktion ein / aus	Fu_137	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Abtauen (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Klimaanlage oder Scheibenwischer))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Heizung Heckscheibe ein / aus	Fu_138	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Abtauen (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Klimaanlage oder Scheibenwischer))	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
manuelle Umluftfunktion ein / aus	Fu_139	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte	Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Armaturenbrettzentrum rechts
automatische Umluftfunktion ein / aus	Fu_140		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Armaturenbrettzentrum rechts
AUC-Funktion ein / aus / automatisch	Fu_306		St_053;Knebel-schalter		Gruppe Klimaanlage (Mittelkonsole links oben)	Armaturenbrettzentrum rechts

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Klimakompressor ein / aus	Fu_141	St_088;Taster	St_027;St_029;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Wippschalter	Armaturenbrett Mitte		Mittelkonsole links unten;Mittelkonsole links vorne;Mittelkonsole rechts unten
Restwärmefunktion ein / aus	Fu_142		St_027;St_029;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Wippschalter			Innenspiegel;Mittelkonsole rechts vorne
Anwahl Sitzlüftungsleistung Fahrer	Fu_143		St_012;Drehknäbel		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Anwahl Sitzlüftungsleistung Beifahrer	Fu_144		St_012;Drehknäbel			Mittelkonsole links oben
Anwahl Sitzheizungsleistung Fahrer	Fu_145	St_088;Taster	St_012;Drehknäbel	Armaturenbrett unten	Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Anwahl Sitzheizungsleistung Beifahrer	Fu_146		St_012;Drehknäbel			Mittelkonsole links oben
Einstellung Luftverteilungsprogramme vorne	Fu_148		St_051;Kipp-Schiebe-Steller			Mittelkonsole links unten;Mittelkonsole links vorne;Mittelkonsole rechts unten
Direktbetrieb Standkühlung	Fu_151		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Direktbetrieb Standlüftung ein/aus	Fu_152		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Direktbetrieb Standheizung ein/aus	Fu_153		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Standlicht ein / aus	Fu_154	St_029;Drück-Zieh-Schalter	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad	Gruppe neben Lichtschalter (evtl. redundant bei Parklicht) (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Fahrlicht ein / aus	Fu_155	St_029;Drück-Zieh-Schalter	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad	Gruppe Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad;Lenkradfläche unten Mitte

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Automatisches Fahrlicht ein / aus	Fu_156		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
Fahrlicht als Kontinuum	Fu_301	St_029;Drück-Zieh-Schalter	St_053;Knebel-schalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad		Armaturenbrett links unten vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad;Lenkradfläche unten Mitte
Fahrlicht als Kontinuum inkl. Nebellicht	Fu_302	St_029;Drück-Zieh-Schalter	St_005;Dreh-Drück-Zieh-Knebel-schalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad		Armaturenbrett links unten vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad;Lenkradfläche unten Mitte
Fernlicht ein / aus	Fu_157	St_061;Lenkstockhebel	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Lenkstockhebel links	einzel (Lenkstockhebel links oben)	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Fernlichtassistent ein / aus	Fu_158		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad (oder Lenkstockhebel links oben, wenn Teil des Kontinuums))	Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
Lichthupe	Fu_159	St_061;Lenkstockhebel	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkstockhebel links	Gruppe Hupen (Lenkrad)	Armaturenbrettzentrum rechts
Nebelscheinwerfer ein / aus	Fu_160	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad	Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Nebelschlusslicht ein / aus	Fu_161	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Armaturenbrett links vom Lenkrad	Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Leuchtweitenregulierung	Fu_162		St_034;Fingerschieber mit Steg		Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	A-Säule oben;Innenspiegel;Mittelkonsole rechts vorne
Dauerblinken links / rechts	Fu_164		St_027;Druckschalter	Lenkstockhebel links oben	einzel (Lenkstockhebel links oben)	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad;Lenkradfläche oben Mitte
Tippblinken links / rechts	Fu_165		St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkstockhebel links oben		Armaturenbrett links oben vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad;Lenkradfläche oben Mitte

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Parklicht links / rechts	Fu_166	St_061;Lenkstockhebel	St_027;St_029;Drück-Zieh-Schalter	Lenkstockhebel links oben	Gruppe Fahrzeug sichern (Mittelkonsole rechts oben)	A-Säule oben;Innen spiegels;Mittelkonsole rechts vorne
Warnblinkanlage ein / aus	Fu_167	St_088;Taster	St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter	Armaturenbrett oben	Gruppe Fahrzeug sichern (Mittelkonsole rechts oben)	Mittelkonsole rechts oben
Instrumentenbeleuchtung Dimmung	Fu_168	St_067;Rändelrad	St_012;St_034;St_074;Drehknopf;Fingerschieber mit Steg;Schieberegler	Armaturenbrett links vom Lenkrad	einzel (Mittelkonsole rechts oben)	Mittelkonsole rechts oben
Leselicht Fahrer	Fu_169	St_088;Taster	St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter		Gruppe Innenlicht (Dachhimmel)	Mittelkonsole rechts oben
Leselicht Beifahrer	Fu_170		St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter			Mittelkonsole rechts oben
Innenraumbeleuchtung	Fu_171	St_088;Taster	St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter	Dachhimmel	Gruppe Innenlicht (Dachhimmel)	Mittelkonsole rechts oben
Boulevard Light	Fu_172		St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter			Mittelkonsole rechts oben
Tagfahrlicht ein / aus	Fu_173		St_027;St_095;Drückschalter;Wippschalter		Gruppe Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Armaturenbrett links unten vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts unten vom Lenkrad;Lenkradfläche unten Mitte
Sitzlängsverstellung	Fu_175	St_024;Dreh-Schiebe-Taster	St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear	Fahrersitz links		Mittelkonsole rechts oben
Sitzhöhenverstellung	Fu_176		St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Lehnenneigungsverstellung	Fu_177	St_024;Dreh-Schiebe-Taster	St_015;St_017;St_019;Drehknopf groß monostabil linear;Drehknopf klein monostabil linear;Drehknopf rohrförmig monostabil linear	Fahrersitz links		Mittelkonsole rechts oben
Sitzneigungsverstellung	Fu_178		St_015;St_017;St_019;Drehknopf groß monostabil linear;Drehknopf klein monostabil linear;Drehknopf rohrförmig monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Lehnenkopfverstellung	Fu_179		St_015;St_017;St_019;Drehknopf groß monostabil linear;Drehknopf klein monostabil linear;Drehknopf rohrförmig monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Sitztiefenverstellung	Fu_180	St_024;Dreh-Schiebe-Taster	St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Sitzbreitenverstellung	Fu_181		St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Kopfstützenhöhenverstellung	Fu_182		St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Lehnenbreitenverstellung	Fu_184		St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Lordose bzw. Konturverstellung Lehne	Fu_185	St_056;Kreuzwippe	St_043;Joystick	Fahrsitz links		Mittelkonsole rechts oben
Sitzverstellung (SVS) Sitzfläche als Ganzes	Fu_300	St_024;Dreh-Schiebe-Taster	St_045;Joystick drehbar	Fahrsitz links	Gruppe Anthropometrie (Fahrertür oben (da von außen bedienbar))	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Beifahrersitz verstellen durch den Fahrer	Fu_186		St_053;Knebel-schalter			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Massage Sitzfläche ein / aus	Fu_188		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Massage Rückenbereich ein / aus	Fu_189		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Mittelkonsole links oben
Sitzmemory Setzen	Fu_190		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Mittelkonsole rechts oben
Speicherplatz 1 Sitzmemory	Fu_191		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe Anthropometrie (Fahrertür oben (da von außen bedienbar))	Mittelkonsole rechts oben
Speicherplatz 2 Sitzmemory	Fu_192		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Mittelkonsole rechts oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Gurthöhenverstellung	Fu_193		St_035;St_075;Fingerschieber monostabil linear;Schieberegler monostabil linear			Mittelkonsole rechts oben
Kopfstützenabsenkung	Fu_194		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Tankklappe entriegeln (Taster innen)	Fu_204		St_053;Knebel-schalter			Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
elektr. Scheibenabdunklung	Fu_205		St_012;St_014;St_016;St_018;St_074;St_080;Drehknebel;Drehknopf groß;Drehknopf klein;Drehknopf rohrförmig;Schieberegler;Schubstange mit Griff			Mittelkonsole links oben
Fenster vorne links (inkl. Mautfunktion) öffnen / schließen	Fu_206	St_050;Kipphebel-taster	St_075;Schieberegler monostabil linear	Türarmlehne Fahrer	Gruppe Fenster und Dach (Mittelkonsole links oben)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Fenster vorne links öffnen / schließen, nur Mautfunktion	Fu_304	St_050;Kipphebel-taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Türarmlehne Fahrer		Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Kindersicherung (Fenstersperre Fond u.a.) inkl. LED	Fu_210	St_088;Taster	St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebel-schalter;Wippschalter	Türarmlehne Fahrer		A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Schiebe-Hebe-Dach / Panoramadach bedienen (inkl. Mautfunktion)	Fu_213	St_028;Drück-Schiebe-Taster	St_043;Joystick	Dachhimmel	Gruppe Fenster und Dach (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Schiebe-Hebe-Dach mit Heben nur auf und zu	Fu_303	St_028;Drück-Schiebe-Taster	St_043;St_047;St_062;Joystick;2 D Kipphebel-taster;Lenkstockhebel nicht rastend	Dachhimmel		Mittelkonsole links oben
Betätigung Cabrio-verdeck	Fu_214		St_053;Knebel-schalter		Gruppe Fenster und Dach (Mittelkonsole links oben)	Mittelkonsole links oben
Frontwischer ein / aus (inkl. langsam/schnell)	Fu_215	St_061;Lenkstockhebel	St_053;Knebel-schalter	Lenkstockhebel rechts	Gruppe Wischen und Waschen (neben Wischen akut) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Tippwischen vorne	Fu_216		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe Wischen akut (Lenkstockhebel rechts)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Wischerautomatik (Regensensor) ein / aus	Fu_217	St_061;Lenkstockhebel	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Lenkstockhebel rechts	Gruppe Wischen und Waschen (neben Wischen akut) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Fahrtür Mitte;Mittelkonsole links oben
Einstellung Empfindlichkeit Regensensor	Fu_218		St_012;Drehknob		Gruppe Wischen und Waschen (neben Wischen akut) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Frontscheibe und Scheinwerfer reinigen	Fu_219		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe Wischen akut (Lenkstockhebel rechts)	Armaturenbrettzentrum rechts
Heckwischer (Intervallwischen) ein / aus	Fu_220		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Wischen und Waschen (neben Wischen akut) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Heckscheibe reinigen	Fu_221		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe Wischen und Waschen (neben Wischen akut) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Armaturenbrettzentrum rechts
Außenspiegel für Spiegelverstellung auswählen	Fu_222	St_076;Schiebeschalter	St_084;Stellhebel	Türarmlehne FahrerGruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)		Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Bordsteinspiegel (rechten Spiegel beim Parken absenken)	Fu_223		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)	Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Außenspiegel verstellen	Fu_224	St_023;Dreh-Scheibe;St_056;Kreuzwippe	St_092;Trackball	Türarmlehne Fahrer	Gruppe Anthropometrie (Fahrtür oben (da von außen bedienbar))	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Außenspiegel anklappen	Fu_225	St_088;Taster	St_049;Kipphebelschalter		einzelnen (evtl. mit Fahrzeug sichern) (Armaturenbrettzentrum links (evtl. nahe Fahrzeug sichern oder Rangieren))	Armaturenbrettzentrum links
Innenspiegel manuell abblenden	Fu_226		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter	Innenspiegel		Armaturenbrett links oben vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad;Lenkradfläche oben Mitte
Garagentür-Öffner	Fu_227		St_049;Kipphebelschalter		Gruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)	Mittelkonsole links oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Fahrzeug Entriegeln und Entschärfen Diebstahlwarnanlage	Fu_229	St_088;Taster	St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter	Schlüssel		
Fahrzeug Verriegeln, Sichern und Schärfen Diebstahlwarnanlage	Fu_230	St_088;Taster	St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter	Schlüssel		
Teildeaktivierung Diebstahlwarnanlage	Fu_231		St_053;Knebel-schalter			
Heckklappe Entriegeln und elektr. Öffnen	Fu_232	St_088;Taster	St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter	Schlüssel		Fahrtür oben;Armaturenbrettzentrum links
Ablagefach mit Einschubschlüssel Verriegeln / Entriegeln	Fu_234		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter			
Heckklappe von Zentralverriegelung abkoppeln/ankoppeln ("Hotelstellung")	Fu_235		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter			Mittelkonsole rechts oben
Zentralverriegelung Auf / Zu	Fu_236	St_088;Taster	St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter	Armaturenbrett oben	Gruppe Fenster und Dach (Mittelkonsole links oben)	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad (redundante Bedienung für Beifahrer);Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad (redundante Bedienung für Beifahrer);Lenkradfläche oben Mitte (redundante Bedienung für Beifahrer)
Seitenrollos auf / ab	Fu_239		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter			Mittelkonsole rechts oben
Heckrollo auf/ab	Fu_241		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebelschalter;Wippschalter			Mittelkonsole rechts oben
Hupe	Fu_242	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Lenkrad	Gruppe Hupen (Lenkrad)	Armaturenbrettzentrum rechts
Lenkrad auf, ab, rein, raus	Fu_243		St_083;Space-mouse		Gruppe Anthropometrie (Fahrtür oben (da von außen bedienbar))	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Lenkradheizung ein, aus	Fu_244		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Sitzkomfort (evtl. nahe Anthropometrie) (Mittelkonsole links oben (Fahrertür oben, wenn nahe Anthropometrie))	Fahrertür Mitte;Mittelkonsole links oben
Klemmenwechsel über Start-Stop-Taster	Fu_245	St_088;Taster	St_053;Knebel-schalter	Armaturenbrett rechts vom Lenkrad	Gruppe Fahren (Armaturenbrett rechts vom Lenkrad)	Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Motor-Start-Stop-Automatik ein / aus	Fu_246		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Armaturenbrettzentrum rechts
Parkbremse ein / aus	Fu_247		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebel-schalter;Wippschalter		Gruppe Fahren (Armaturenbrett rechts vom Lenkrad)	Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Rückstellung Tageskilometer	Fu_249	St_088;Taster	St_039;St_088;Halbwippe;Taster	Kombiinstrument	Gruppe BC (Armaturenbrett links unten vom Lenkrad)	A-Säule Mitte;Mittelkonsole rechts oben
Gangwahlhebel Automatikschaltung	Fu_251		St_012;Drehknebel			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Paddles/Schaltwippen Sportschaltung	Fu_253		St_012;Drehknebel	Lenkrad		Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
elektr. Getriebe-P-Taster auf Wählhebel	Fu_254		St_027;St_049;St_095;Druckschalter;Kipphebel-schalter;Wippschalter			Armaturenbrett links oben vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad;Lenkradfläche oben Mitte
LOW-GEAR	Fu_257		St_053;Knebel-schalter		Gruppe Fahren (Armaturenbrett rechts vom Lenkrad)	Armaturenbrettzentrum rechts
Fahrtrichtungswahlschalter	Fu_308		St_049;Kipphebel-schalter			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Fahren, Lenken als Translation	Fu_309		St_051;Kipp-Schiebe-Steller			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Fahren, Lenken als Rotation	Fu_310		St_010;Dreh-Kipp-Knebel			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Fahren, ohne Bewegungsartfestlegung	Fu_311		St_051;Kipp-Schiebe-Steller			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Fahren, Lenken als Translation, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_312		St_043;Joystick			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Fahren, Lenken als Rotation, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_313		St_043;Joystick			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
Fahren, ohne Bewegungsartfestlegung, mit Geschwindigkeitssteuerung	Fu_314		St_043;Joystick			Lenkradfläche oben links;Lenkradfläche oben rechts;Lenkstockhebel links oben;Lenkstockhebel rechts oben
ACC ein	Fu_258		St_039;St_088;Halbwippe;Taster		Gruppe ACC (Armaturenbrettzentrum links (alternativ Fahrertür oben))	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
ACC passiv schalten (in Standby mit Resume-Geschwindigkeit)	Fu_259		St_039;St_088;Halbwippe;Taster			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
ACC Geschwindigkeit erhöhen	Fu_260		St_012;St_034;St_074;Drehknebel;Fingerschieber mit Steg;Schieberegler		Gruppe ACC (Armaturenbrettzentrum links (alternativ Fahrertür oben))	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
ACC Geschwindigkeit verringern	Fu_261		St_012;St_034;St_074;Drehknebel;Fingerschieber mit Steg;Schieberegler			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
ACC Abstand erhöhen	Fu_262		St_034;St_074;Fingerschieber mit Steg;Schieberegler		Gruppe ACC (Armaturenbrettzentrum links (alternativ Fahrertür oben))	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
ACC Abstand verringern	Fu_263		St_034;St_074;Fingerschieber mit Steg;Schieberegler			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Auffahrwarnung ein / aus	Fu_268		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe FAS (Armaturenbrettzentrum links)	Armaturenbrettzentrum rechts
Spurverlassenswarnung ein / aus	Fu_272		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe FAS (Armaturenbrettzentrum links)	Armaturenbrettzentrum rechts
Spurwechselwarnung ein / aus	Fu_274		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Armaturenbrettzentrum rechts
Parkabstandsanzeige ein / aus	Fu_278	St_088;Taster	St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Parklückenvermessung für Parkassistent aktivieren / deaktivieren	Fu_282		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Einparkvorgang für Parkassistent aktivieren / deaktivieren	Fu_283		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter			Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Rückfahrkamera ein / aus	Fu_285		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)	Armaturenbrett links oben vom Lenkrad;Armaturenbrett rechts oben vom Lenkrad;Lenkradfläche oben Mitte
Nachtsichtkamera (Night Vision) ein / aus	Fu_287		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe neben Lichtschalter (Armaturenbrett links vom Lenkrad)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
Ausfahrtskamera (SideView) ein / aus	Fu_289		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe Rangieren (Armaturenbrettzentrum links)	Fahrertür oben;Armaturenbrettzentrum links
HeadUp-Display ein / aus	Fu_291		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		einzel (evtl. mit Auffahrwarnung = FAS wg. 308) (Armaturenbrettzentrum rechts)	Armaturenbrettzentrum rechts
DTC ein / aus (DSC aus in 2ter Stufe durch Langdruck)	Fu_292		St_053;Knebel-schalter		einzel	Armaturenbrettzentrum rechts
Hill-Descent-Control ein / aus (NUR bei Allradfahrzeugen)	Fu_293		St_027;St_095;Druckschalter;Wippschalter		Gruppe ACC oder FAS, eher ACC (Armaturenbrettzentrum links)	Armaturenbrettzentrum rechts

Nutzerfunktion	Funktions-ID	Gewohntes Bedienelement	Optimales Bedienelement	Gewohnter Bedienort	Gruppe (Ort der Gruppe)	Bedienort nach Wichtigkeit und Häufigkeit
Passenger Airbag OFF	Fu_294		St_027;St_029;St_095;Druckschalter;Drück-Zieh-Schalter;Wippschalter			A-Säule oben;Innenspiegel;Mittelkonsole rechts vorne

Kontaktanschrift und Lebenslauf

Stephan Müller, Dipl. Ing.

☒ : BMW Forschungs- und
Innovationszentrum (FIZ)
Anzeige- und Bedienkonzept
Knorrstraße 147
80788 München

☎ : +49 89 382 76383

@ : Stephan.BS.Mueller@bmw.de

☎ : +49 151 601 76383

Stephan Müller

☒ : Erzgießereistraße 21
80335 München

☎ : +49 89 44239758

@ : Stephan.Mueller@mytum.de

☎ : +49 160 3668656

Persönliche Daten

Name	Müller
Vornamen	<i>Stephan</i> Bernhard Sönke
geboren am	14.11.1980 in München

Schulen / Ausbildung

1986 – 1990	Grundschule Putzbrunn
1990 – 1999	Gymnasium Ottobrunn Abschluss: Abitur (LKs: Mathematik und Physik, Note 1,6)
2000 – 2007	Technische Universität München Studium des Maschinenwesens, Diplom-Ingenieur Univ. (Note 1,8) Abschluss des Vordiploms nach dem 4. Fachsemester Fachmodule: Fahrzeugtechnik, systematische Produktentwicklung
2007 – 2009	Technische Universität München / BMW Group Promotion (Dr.-Ing.) zum Thema „Bedienelemente im Fahrzeug“

Universitätsaktivitäten

08.2001 – 12.2001	Werksstudent am Lehrstuhl für Produktentwicklung der TU München (Konstruktion)
10.2001 – 07.2002	Werksstudent am Lehrstuhl für Informationstechnik der TU München (Tutor)
04.2003 – 07.2003	Projektleiter im Rahmen der Team-Semesterarbeit am Lehrstuhl für Informationstechnik der TU München in Zusammenarbeit mit der Firma ITQ
05.2005 – 02.2006	Semesterarbeit über den Aufbau (Studie) und die Implementierung eines Referenzmodells zur Bedienung tertiärer Aufgaben im Automobil am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München
03.2006 – 09.2006	Diplomarbeit über die Diagnose verteilter Funktionen bei der BMW Group in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Ergonomie

Qualifikationen

Sprachen	deutsch (Muttersprache), englisch (verhandlungssicher)
Software	MS Office (sehr gut), OpenOffice (gut), VBA (gut), EB Guide (früher Tresos Guide, gut), verschiedene Vektor- und Rastergraphikprogramme (Grundlagen)

Praktika / bisherige Anstellungen

09.2000 – 10.2000	sechswöchiges Vorpraktikum für das Maschinenbaustudium bei der BMW Group
02.2002 – 03.2002	sechswöchiges Ingenieurspraktikum für das Maschinenbaustudium bei der BMW Group
11.2002 – 03.2003	Werkstudent bei der BMW Group, Entwicklung und Konstruktion
03.2003 – 09.2004	Fahrer beim VIP-Flottenservice der BMW Group
06.2004 – 09.2004	Entwicklungsfahrer für verschiedene Abteilungen bei der BMW Group (interner Führerschein B1)
10.2004 – 03.2005	Technischer Assistent der Abteilung Aftersales bei BMW Australien (Auslandspraktikum)
09.2006 – 12.2006	Praktikant (freiwilliges Praktikum) in der Abteilung Service-Diagnose der BMW Group
seit 10.2009	Konzeptspezialist in der Abteilung für Anzeige und Bedienung der BMW Group

Aktivitäten

seit 1998	bei der Freiwilligen Feuerwehr Putzbrunn Dienstgrad: Feuerwehrmann
1999 – 2000	Zivildienst im integrativen Montessori-Kindergarten „Die Igelfamilie“
07.2007 – 10.2009	Stipendiat bei e-fellows.net
03.2008 – 10.2009	Engagement im Doktorandenkreis der BMW Group: Unter Anderem Mitwirkung bei der Organisation der hausinternen Doktorandenmesse „ProMotion“
09.2008 – 08.2009	Sprecher des Doktorandenkreises der BMW Group

Veröffentlichungen

07.2008	Stephan Müller, <i>Welches ist das optimale Bedienelement für eine Funktion?</i> In: Ergonomie aktuell, Zeitung des Lehrstuhls für Ergonomie, TU München, 2008, Ausgabe 009, S. 20 – 23
01.2009	Patentanmeldung durch die BMW Group aufgrund der Erfindungsmeldung „Schrankecho“ (Stephan Müller), Aktenzeichen 102009005688.2
01.2009	Patentanmeldung durch die BMW Group aufgrund der Erfindungsmeldung „Gerichtete akustische Anzeige“ (Stephan Müller, Ramona Lermer), Aktenzeichen 102009005260.7