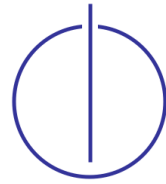




Institut für Informatik der
Technischen Universität München

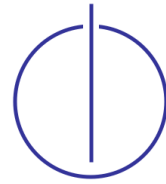


Benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für Fahrerinformationssysteme

Verena Broy



Institut für Informatik der
Technischen Universität München



Benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für Fahrerinformationssysteme

Verena Broy

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Informatik der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Johann Schlichter

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Gudrun J. Klinker, Ph.D.
2. Univ.-Prof. Dr. Heiner Bubb

Die Dissertation wurde am 08.08.2007 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Informatik am 06.11.2007 angenommen.

Meinen wunderbaren Eltern

Danksagung

Diese interdisziplinäre Arbeit würde ohne das Mitwirken einer bunt gemischten Personengruppe sicherlich nicht in dieser Form vorliegen.

An erster Stelle steht hier Frau Prof. Gudrun Klinker, die mich über die letzten dreieinhalb Jahre beständig motiviert und gefördert hat. Ihre außergewöhnliche Sicht auf die Dinge, ihre Ratschläge und ihre umsichtige Unterstützung bei allen Problemen haben wesentlich zu dem Gelingen der Arbeit beigetragen. Ich möchte mich ganz herzlich für ihre Begeisterungsfähigkeit von der ersten bis zu der letzten unserer zahlreichen Besprechungen zu der Dissertation bedanken.

In Prof. Heiner Bubb habe ich einen Zweitgutachter gefunden, der jederzeit ein offenes Ohr für meine Fragen im Speziellen auf dem für mich neuen Gebiet der empirischen Untersuchungen und zur deskriptiven Statistik hatte. Vielen Dank dafür und für die sofortige Bereitschaft das Zweitgutachten für diese Arbeit zu übernehmen.

Genauso danke ich der BMW Forschung und Technik GmbH und im Speziellen Dr. Klaus-Josef Bengler, die mir diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben. Mein Betreuer bei BMW, Dr. Frank Althoff, prägte im Besonderen die Anfänge meiner Dissertation und damit die Konzeptionsphase. Ich möchte ihm dafür danken und das er auch nach seinem Wechsel in eine andere Abteilung neben dem Tagesgeschäft Zeit gefunden hat, mir wertvolles Feedback zu geben. Die Kollegen aus dem MMI Team hatten immer ein offenes Ohr für mich und ich danke allen, aber im Besonderen meinen Doktorandenkollegen Stefan Hoch, Stefan Graf, Nadine Perera, Stephan Thoma und Gwendolin Knappe für die kollegiale Unterstützung und die tolle Arbeitsatmosphäre.

Vielen Dank allen Studenten mit denen ich durch ihre Diplomarbeiten und Praktika arbeiten durfte: Maximilian Schwalm, Horst Sügge, Christian Trübswetter, Katja Bauer und Glenn Huber. Spezieller Dank geht an WBM Christopher Rölle, der die Konzeption und Umsetzung der MusicMap wesentlich bearbeitet hat. Seine Kreativität und sein Einfallsreichtum sind einzigartig, es war eine Freude mit Dir zu arbeiten.

Aus der Fachgruppe Augmented Reality möchte ich mich bei Martin Wagner, Martin Bauer und Asa McWilliams für die freundliche Aufnahme bedanken, Ihr habt mir viele Dinge in der Anfangsphase erleichtert. Manuel Huber, Daniel Pustka, Björn Schwerdtfeger, Katharina Pentenrieder, Peter Keitler, Simon Nestler und Florian Echtler danke ich für das Verständnis und die Unterstützung vor allem in der Zeit der schriftlichen Ausarbeitung. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle mein Tischkollege Marcus Tönnis, ich möchte mich ganz herzlich für seine motivierende Art, unsere fachlichen Diskussionen und seine immense Hilfsbereitschaft bedanken.

Meinen Kollegen aus dem kooperativen Projekt Tummic: Chantal Ackermann, Sebastian Winter, Martin Gründl, Klaus Härtl und Markus Ablassmeier danke ich für die

erfrischende interdisziplinäre Atmosphäre, die so manche Anregung für meine Arbeit eingebracht hat. Dabei danke ich vor allem Christian Lange, der die Nutzerstudien am Lehrstuhl für Ergonomie von der Seite des Lehrstuhls unterstützt hat.

Vielen Dank Allen, die Kommentare, Anregungen und Korrekturen zu der schriftlichen Ausarbeitung gegeben haben: Gudrun Klinker, Frank Althoff, Klaus-Josef Bengler, Manfred Broy, Marcus Tönnis, Stefan Graf und Maximilian Schwalm.

Eine solche Arbeit ist ohne familiären und freundschaftlichen Rückhalt nur schwer realisierbar. Ich danke meinen Freunden für ihr Verständnis und ihre Geduld. Meiner Familie Manfred, Karin, Nora, Mariana und Julian möchte ich für Eure liebevolle Unterstützung in allen erdenklichen Situationen danken.

Zusammenfassung

Konventionellen, listenbasierten Menüdarstellungen im automotiven Nutzungskontext mangelt es an einem adäquaten konzeptuellen Interaktionsmodell für die typischerweise heterogenen Benutzergruppe. Um speziell Attraktivität und Gebrauchstauglichkeit von Fahrerinformationssystemen zu erhöhen, wird als Lösung in dieser Arbeit ein graphischer, metaphernbasierter Ansatz für eine benutzerzentrierte Bedienung entwickelt. Dreidimensionale Anzeige-Bedienkonzepte sowie kartographische Repräsentationen großer Datenmengen und erklärende Animationen werden aus vertrauten alltäglichen Gegenständen und deren physikalischen Eigenschaften abgeleitet. Eine Evaluierung der graphischen Ansätze erfolgt in Benutzerstudien bezüglich Attraktivität, Gebrauchstauglichkeit und Verträglichkeit mit der Fahraufgabe. Das Ergebnis weist eindeutige Vorteile und ein hohes Potenzial hinsichtlich der Herausforderungen für Fahrerinformationssysteme nach.

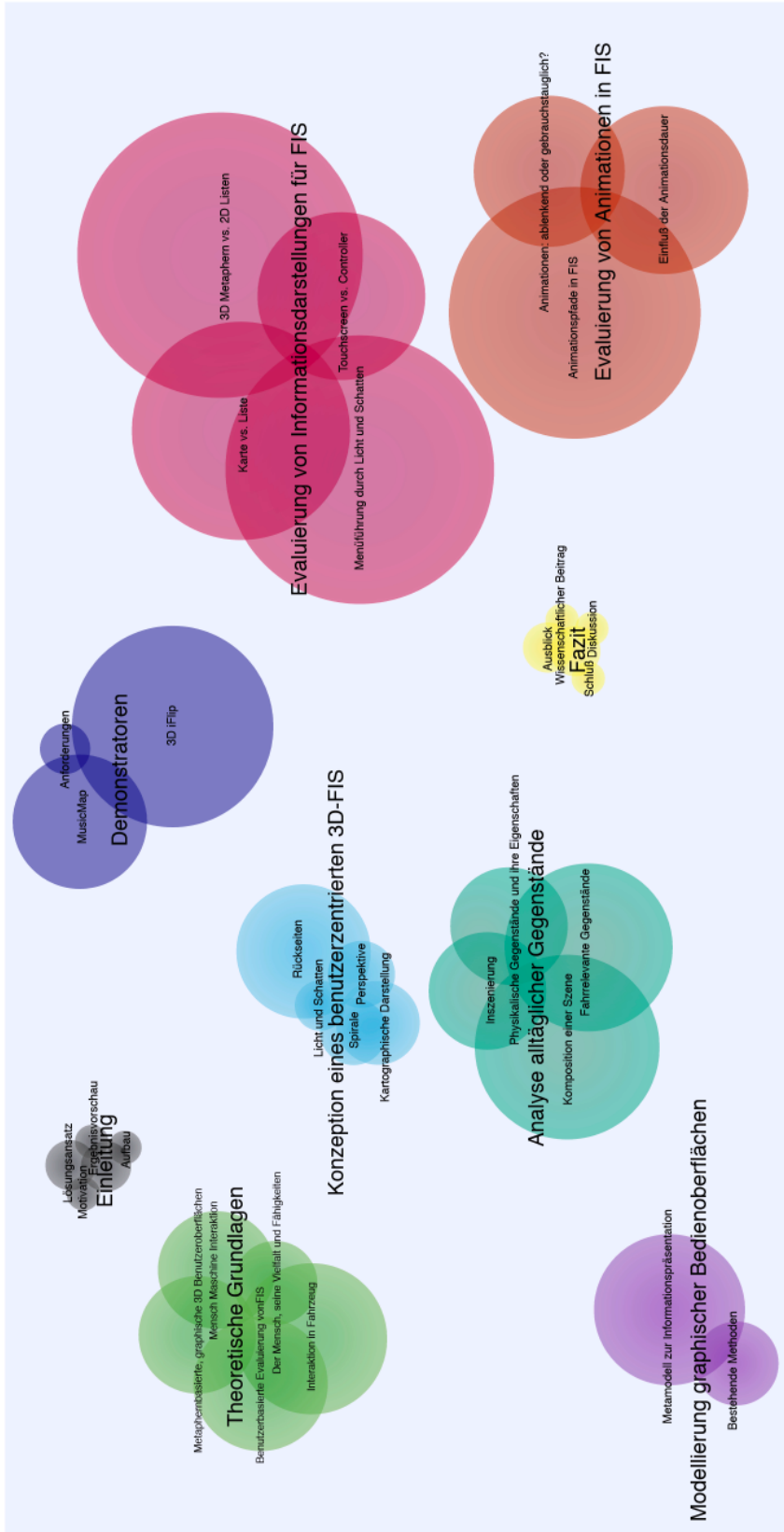
Abstract

Conventional, list-based menus in automotive environments lack an adequate conceptual interaction model for the typically extremely heterogeneous user group. This thesis presents an approach towards increasing likeability and usability of in-vehicle information systems by providing a user-centered interaction concept that is based on graphical metaphors. Analogies to familiar everyday things and their physical characteristics lead to animations, spatial representations and cartographic visualizations of large data volumes. A comparison with traditional list-based 2D menus and an evaluation under automotive conditions has shown that this approach fulfils automotive requirements and enhances likeability and usability. As a result, this approach shows explicit advantages and high potential for satisfying the challenges of future in-car usage by a strongly diverse group of users.

Übersicht

1	Einleitung	1
	In listenbasierten Menüs von FIS mangelt es an einem adäquaten Interaktionsmodell für die typischerweise heterogene Benutzergruppe.	
2	Theoretische Grundlagen	9
	Definitionen, Historie sowie verwandte Arbeiten charakterisieren Mensch-Maschine-Interaktion, automotive Bediensysteme und graphische Benutzeroberflächen.	
3	Modellierung graphischer Bedienoberflächen	51
	Ein Metamodell systematisiert die Abstimmung der Funktionsstrukturierung auf eine Bedienlogik und deren Auswirkungen auf die Informationspräsentation.	
4	Analyse alltäglicher Gegenstände	65
	Eine grundlegende Untersuchung vertrauter Gegenstände und deren physikalischer Eigenschaften führt zu einer Basis für graphische Interaktionskonzepte.	
5	Konzeption eines graphischen 3D FIS	107
	Abgeleitet aus der Analyse werden dreidimensionale Interaktionsmetaphern, erklärende Animationen und kartographische Visualisierungen entwickelt.	
6	Erlebbar prototypische Realisierungen	133
	Prototypische Realisierungen ermöglichen eine Erlebbarkeit der Konzepte.	
7	Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS	163
	Benutzerstudien zeigen das Potenzial hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität ohne eine ablenkende Wirkung graphischer Interaktionsmetaphern.	
8	Evaluierung von Animationen in FIS	233
	Evaluierungen durch Benutzer verifizieren die Angemessenheit von Animationen in FIS und ermitteln adäquate Animationsdauern und -pfade.	
9	Fazit	277
	Graphische Interaktionsmetaphern zeigen hohes Potential für FIS. Bis zu einem serienmäßigen Einsatz im Auto sind jedoch weitere Herausforderungen zu lösen.	

Kartographische Übersicht



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	2
1.2	Lösungsansatz	4
1.3	Ergebnisvorschau	5
1.4	Aufbau der Arbeit	6
2	Theoretische Grundlagen	9
2.1	Mensch-Maschine-Interaktion	9
2.1.1	Ziele interaktiver Systeme	11
2.1.2	Wichtige Aspekte interaktiver Systeme	13
2.1.3	Geschichtliche Entwicklung	14
2.2	Der Mensch – Vielfalt und Fähigkeiten	17
2.2.1	Individualität der Anwender	17
2.2.2	Wahrnehmung in räumlichen Umgebungen	19
2.3	Interaktion im Fahrzeug	22
2.3.1	Geschichtliche Entwicklung	23
2.3.2	Benutzerprofil	24
2.3.3	Aufgaben	24
2.3.4	FAS und FIS - Computerbasierte Interaktionssysteme	25
2.3.5	Anforderungen an FIS	26
2.3.6	Überblick über kommerzielle FIS	27
2.3.7	Probleme von und Herausforderungen an FIS	30
2.3.8	Forschungsarbeiten zur Informationspräsentation in FIS	31
2.3.9	Fazit	32
2.4	Metaphernbasierte, graphische 3D Interaktionssysteme	32
2.4.1	Techniken zur Anzeige von 3D	32
2.4.2	Dreidimensionale Interaktionsmetaphern in Desktopumgebungen	34
2.4.3	Informationsvisualisierung	36
2.4.4	Metaphern	37
2.4.5	Animationen	38
2.4.6	Interaktionsformen	39
2.4.7	Kognitive Prozesse	40
2.4.8	Attraktivität	40
2.5	Benutzerbasierte, empirische Evaluierung	41
2.5.1	Methoden zur Evaluierung von FIS	41

2.5.2	Methoden zur Erhebung subjektiver Daten	44
2.5.3	Deskriptive Statistik	45
2.5.4	Ergebnisdarstellungen	48
2.6	Fazit	49
3	Modellierung graphischer Bedienoberflächen	51
3.1	Bestehende Methoden	51
3.1.1	Benutzungsschnittstelle	52
3.1.2	Aufgabenspezifikation	52
3.1.3	Benutzermodellierung	53
3.1.4	Entwurf der Systemarchitektur	55
3.1.5	Dialogführung	55
3.2	Metamodell zur Informationspräsentation	56
3.2.1	Domänenmodell - Ebene der Funktionalität	56
3.2.2	Dialogmodell - Ebene der Bedienlogik	58
3.2.3	Präsentationsmodell - Ebene der Informationspräsentation	59
3.3	Fazit	64
4	Analyse alltäglicher Gegenstände	65
4.1	Reale dreidimensionale Szenen	66
4.2	Physikalische Gegenstände und ihre visuellen Eigenschaften	66
4.2.1	Form	67
4.2.2	Größe	68
4.2.3	Material	70
4.2.4	Transparenz	71
4.2.5	Fazit	74
4.3	Komposition einer Szene	74
4.3.1	Hintergrund und Umgebung	75
4.3.2	Position	77
4.3.3	Orientierung	79
4.3.4	Rückseite	80
4.3.5	Fazit	85
4.4	Inszenierung	86
4.4.1	Licht	87
4.4.2	Schatten	88
4.4.3	Bewegung	90
4.4.4	Fazit	92
4.5	Fahrrelevante Gegenstände	93
4.5.1	Landkarten	94
4.5.2	Fahrszenerie	102
4.5.3	Fazit	104

4.6	Zusammenfassung	104
5	Konzeption eines graphischen 3D FIS	107
<hr/>		
5.1	3D iFlip - Perspektivische Menüanordnung	107
5.1.1	Identifikation einer Grundstruktur	108
5.1.2	Potenziäle einer dreidimensionalen Darstellung	109
5.1.3	Dreidimensionale Darstellung der Grundstruktur	110
5.1.4	Navigation in Untermenüs	110
5.2	3D iFlip - Rückseiten als Informationsträger	112
5.2.1	Konzeptansätze zur Rückseite	113
5.2.2	Bewertung der Rückseitenkonzepte	116
5.2.3	Zusammenfassung	119
5.3	Menüführung mittels Licht und Schatten	119
5.3.1	Beleuchtung des aktuellen Menüs	119
5.3.2	Fokus als Spotlight	121
5.3.3	Glühbirnen als Checkboxen	122
5.4	Schnellzugriffe durch Lesezeichen	122
5.4.1	Darstellung einer übergeordneten Ebene	123
5.4.2	Anzeige der Lesezeichen	124
5.5	MusicMap - Kartographie großer Informationsmengen	126
5.5.1	Ziele der Interaktion mit großen Datenmengen	126
5.5.2	Konzeption der MusicMap	127
5.5.3	Das Datenobjekt und seine Struktur	127
5.5.4	Sortierung: Designentwurf einer Topologie	127
5.5.5	Positionierung: Definition einer geographischen Ordnung	128
5.5.6	Bedienung der MusicMap	130
5.5.7	Abbildung der Parameter	130
5.5.8	Integration scharfer Suchanfragen	132
5.5.9	Integration in 3D iFlip	132
5.6	Fazit	132
6	Erlebhbare prototypische Realisierungen	133
<hr/>		
6.1	Nicht-Funktionale Anforderungen im Auto	133
6.1.1	Anzeige	134
6.1.2	Bedienung	134
6.2	3D iFlip	136
6.2.1	Perspektivische Anzeige von 3D Tafeln mit Rückseiten	137
6.2.2	Animationen zur Menüführung	143
6.2.3	Menüführung durch Licht und Schatten	146
6.2.4	Integration von Lesezeichen	149
6.2.5	Einsatz in anderen Domänen	152

6.3	MusicMap	154
6.3.1	Verarbeitungspipeline	154
6.3.2	Graphische Benutzeroberfläche	158
6.3.3	Zoomable User Interface	158
6.3.4	Hintergrund der Karte	159
6.3.5	Filterung der Datenmenge	160
6.3.6	Playlisten als Routen	160
6.3.7	Das Hilfsfenster	160
6.3.8	Bedienung	161
6.4	Fazit	161
7	Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS	163
7.1	Metaphernbasiertes 3D oder listenbasiertes 2D Interaktionskonzept . . .	164
7.1.1	Hypothesen	164
7.1.2	Aufgaben	165
7.1.3	Versuchsdurchführung	169
7.1.4	Ergebnisse	174
7.1.5	Schlussfolgerungen	181
7.2	Direkte Manipulation via Touchscreen vs Controller	182
7.2.1	Hypothesen	182
7.2.2	Versuchsaufbau	183
7.2.3	Versuchsdurchführung	184
7.2.4	Ergebnisse	184
7.2.5	Schlussfolgerungen	191
7.3	Menüführung durch Licht und Schatten	193
7.3.1	Hypothesen	193
7.3.2	Aufgaben	195
7.3.3	Versuchsdurchführung	201
7.3.4	Ergebnisse zur Menüführung	203
7.3.5	Ergebnisse zur Darstellung der Lesezeichen	206
7.3.6	Schlussfolgerungen	209
7.4	Kartographisches oder listenbasiertes Interaktionskonzept	210
7.4.1	Hypothesen	211
7.4.2	Aufgaben	212
7.4.3	Versuchsdurchführung	216
7.4.4	Ergebnisse	219
7.4.5	Schlussfolgerungen	229
7.5	Zusammenfassung	229
8	Evaluierung von Animationen in FIS	233
8.1	Ablenkend oder gebrauchstauglich	233

8.1.1	Hypothesen	234
8.1.2	Versuchsaufbau	234
8.1.3	Versuchsdurchführung	235
8.1.4	Ergebnisse	235
8.1.5	Schlussfolgerungen	242
8.2	Einfluss der Animationsdauer	242
8.2.1	Hypothesen	243
8.2.2	Aufgaben	244
8.2.3	Versuchsdurchführung	249
8.2.4	Ergebnisse	250
8.2.5	Schlussfolgerungen	259
8.3	Interferenzen des Animationspfads mit der Fahraufgabe	260
8.3.1	Hypothesen	261
8.3.2	Aufgaben	262
8.3.3	Versuchsdurchführung	267
8.3.4	Ergebnisse	269
8.3.5	Schlussfolgerungen	275
8.4	Zusammenfassung	276
9	Fazit	277
<hr/>		
9.1	Wissenschaftlicher Beitrag	277
9.2	Diskussion	278
9.3	Ausblick	279
9.3.1	Formale Modellierung	279
9.3.2	Konzeption	279
9.3.3	3D iFlip	280
9.3.4	MusicMap	280
9.3.5	Licht und Schatten	280
9.3.6	Bedienelemente	280
9.3.7	Animationen	281
9.3.8	Benutzerstudien	281
9.4	Schluss	281
A	Fragebögen	283
<hr/>		
Literaturverzeichnis		295
<hr/>		

1. Einleitung

In listenbasierten Menüs von FIS mangelt es an einem adäquaten Interaktionsmodell für die typischerweise heterogene Benutzergruppe.

Der Gebrauch von Metaphern ist im täglichen Leben allgegenwärtig. Kindern werden etwa die Grundrechenoperationen erklärt, in dem sie sich Äpfel und Birnen vorstellen sollen. Viele Metaphern haben Eingang in den Wortschatz gefunden, Beispiele dafür sind *Rabenmutter* und *Computervirus*. Aber auch in der Literatur ist die Metapher ein beliebtes Stilmittel, beispielsweise in dem Frühlingsgedicht von Eduard Mörike:

*Frühling lässt sein blaues Band
Nieder flattern durch die Lüfte,
süße, wohlbekannte Düfte
streifen ahnungsvoll durchs Land.
Veilchen träumen schon,
wollen balde kommen -
Horch von fern ein leiser Harfenton!
Frühling, ja Du bist's!*

Die Beispiele verdeutlichen die Häufigkeit und Vielseitigkeit des Gebrauchs von Metaphern in der menschlichen Kommunikation. Durch Anlehnung an bekannte Sachverhalte unterstützen Metaphern das Erlernen neuartiger, im Besonderen abstrakter Gegebenheiten ideal. Darüber hinaus können durch Metaphern Analogien über Sachverhalte beschrieben und Gegenstände miteinander in Beziehung gesetzt werden. Es entsteht ein Stilmittel, das in der Literatur phantasievolle und kreative Elemente einbringt.

Von den Potentialen der Metaphern können aber auch andere Lebensbereiche profitieren. Die *Mensch-Maschine-Interaktion* beschäftigt sich mit Schnittstellen zwischen Benutzern und technischen Geräten in bestimmten Kontexten, beispielsweise einem Kraftfahrzeug. Zur Gewährleistung eines gebrauchstauglichen Umgangs werden Anforderungen an Interaktionskonzepte adressiert. Metaphern bieten das Potential hier einen wertvollen Beitrag zu liefern.

Intuitivität, Erlernbarkeit und *Reproduzierbarkeit* spielen besonders bei Interaktionsoberflächen, die von einer breiten Benutzergruppe mit heterogenen kulturellen Hintergründen und unterschiedlichem Bildungsniveau genutzt werden, eine dominante Rolle. Die Allgegenwart von Informationstechnik und computergestützten Systemen nimmt mit dem Fortschreiten der technischen Entwicklung zu und verlangt von Benutzern die Bereitschaft, sich schnell in ihnen unbekannte, oft komplexe Systeme einzuarbeiten, um ihre Ziele mithilfe dieser Systeme zu erreichen.

Attraktivität, Freude und *Vergnügen* sind Kriterien, die für die Akzeptanz und den Erfolg von interaktiven Produkten an Bedeutung gewinnen. Heutzutage werden Kriterien der *Bedienfreundlichkeit* und *Gebrauchstauglichkeit* wie Effizienz, Intuitivität und Erlernbarkeit [60] als unverzichtbar angesehen. Dabei wird Zugriff auf hohe Funktionalitätsumfänge vorausgesetzt. Schwierigkeiten bei der Bedienung werden im Gegensatz zu den 80er Jahren, als die Funktion im Vordergrund stand, kaum noch akzeptiert [115]. Das Kriterium *Attraktivität* bezieht sich auf Ästhetik und Emotionen. Es stellt eine Erweiterung herkömmlicher Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit dar und bezeichnet das subjektiv positive Empfinden eines Benutzers während der Interaktion [115].

Neben diesen Anforderungen existieren weitere Kriterien, die die Qualität einer guten Benutzerschnittstelle ausmachen. Die Umgebung und der Kontext, in dem interagiert wird, spielt ebenso wie die Art der Benutzergruppe eine entscheidende Rolle bezüglich der Anforderungen an die Konzeption einer Benutzeroberfläche.

Die Interaktion mit *Fahrerinformationssystemen* im Automobil stellt eine besondere Situation dar. Ein Fahrerinformationssystem bietet dem Fahrer während der Fahrt Zugriff auf ein Gros an Komfort- und Informationsfunktionen wie beispielsweise dem Radio, der Navigation oder dem Telefon. Im Auto müssen zusätzliche, spezielle Anforderungen bedingt durch die Dominanz der „Fahraufgabe“ eingehalten werden, um die eigene Sicherheit und die der anderen Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten. Zudem ist die Benutzergruppe äußerst vielseitig in Bezug auf Demographie, Bildung und kulturellem Hintergrund.

Die vorliegende Arbeit untersucht einen metaphernbasierten Ansatz zur visuellen Informationspräsentation für Fahrerinformationssysteme, der unter Berücksichtigung der speziellen automobilen Anforderungen konzipiert wird, um *Erlernbarkeit* und *Attraktivität* zu steigern.

1.1. Motivation

BMW wagte 2001 als erster Automobilhersteller einen klaren Paradigmenwechsel von klassischen komponentenorientierten Schalterkonzepten zu gesamtheitlichen Ansätzen in Form integrativer Anzeige und Bedienkonzepte. Auslöser waren neue technische Möglichkeiten zur Realisierung innovativer Funktionalitäten im Fahrzeug. Als Folge zeigte sich die Zunahme von Funktionen, Bedienelementen und Anzeigen. Klassische Konzepte, die für jede Funktionalität ein Anzeige- und Bedienelement vorsehen, stossen an ihre

Grenzen. Neu entwickelte Assistenzsysteme unterstützen und entlasten den Fahrer bei der Fahraufgabe. Es erhöht sich das Bedürfnis nach der Benutzung von Komfort- und Informationssystemen, die unabhängig von der eigentlichen Fahraufgabe sind.

Heutzutage steuert der Benutzer über ein multifunktionales Bedienelement ein strikt hierarchisches, listenbasiertes Menü, das auf einem zentralen Informationsdisplay angezeigt wird. Die Grundidee dieses Interaktionskonzepts der Vollbild-Menüs, engl. *Full Screen Menu*, stammt aus dem Bereich der Personalcomputer. Diese Menüart stellen in deren historischer Entwicklung die Übergangsphase zwischen der befehlsbasierten Kommandozeilenbedienung und den metaphernorientierten, graphischen Bedienoberflächen dar [54, 115, 155]. In der Geschichte der Mensch-Maschine-Interaktion mit Personalcomputern ist die Schreibtischmetapher, engl. *Desktop Metaphor*, durch ihre bildhaften Darstellungen und zur Realität bezugnehmenden Analogien ein sehr intuitives und erfolgreiches Interaktionsparadigma. Die spezielle Situation im Auto, in der neben der Bedienung von Fahrerinformationssystemen eine verkehrsgerechte und sichere Fahraufgabe absolviert werden muss, verhindert die direkte, unveränderte Übernahme von Interaktionskonzepten aus anderen Domänen in das Fahrzeug. Um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, müssen bestimmte Anforderungen an das Interaktionskonzept erfüllt werden [62, 64, 66, 70]. Mit Hilfe von standardisierten Evaluierungsmethoden, beispielsweise der Okklusion [26] oder dem Lane Change Task [61] konnte gezeigt werden, dass das Menükonzept für die aktuellen Funktionen und deren Umfänge die automotiven Anforderungen und die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit erfüllt. Nach anfänglicher kontroverser Diskussion zeigt sich der Erfolg dieses Bedienkonzepts nun in seiner breiten Akzeptanz. Weitere Hersteller deutscher Premiumfahrzeuge haben ähnliche Konzepte umgesetzt, wie beispielsweise Mercedes mit dem System COMMAND [109] und Audi mit dem System MMI [21].

Jedoch wird die aktuelle Lösung es nicht gerecht, sich neuen Herausforderungen zu stellen, genügend Flexibilität für zukünftige Nutzungsszenarien aufzuweisen und die emotionale Komponente während der Bedienung zu befriedigen. Die konsequente Evolution der Menübedienung im Automobil erfordert ein adäquates konzeptuelles Modell, das kultur- und bildungsunabhängig intuitiv verständlich ist. In aktuellen Systemen ist die Präsentation strikt listenbasiert und liefert lediglich über farbliche Kennzeichnung einen Hinweis auf die aktuelle Position des Anwenders in der Menüstruktur. Eine aufbereitete Menüführung durch die Anlehnung an Allgemeinwissen sowie ein angemessenen Umgang mit großen Informationsmengen und die Ablösung hierarchischer Listendarstellungen ist essentiell für eine Neugestaltung des Interaktionskonzepts für Fahrerinformationssysteme.

Zur Lösung der bestehenden Problematik und der neuen Herausforderungen entwickelt die vorliegende Arbeit benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern. Ziele liegen in der Steigerung der Attraktivität und der Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit von Informationssystemen im automotiven Nutzungskontext unter Einhaltung der sicherheitsrelevanten Anforderungen. Konkret soll Anfängern eine einfache und intuitive Bedienung durch die Reduktion der kognitiven Belastung bei der Entwicklung eines men-

talens Modells ermöglicht werden. Es soll eine höhere Informationsdichte bei verbesserter Übersichtlichkeit sowie eine Ablösung der textuellen durch eine bildhafte Darstellung realisiert werden. Die Intuitivität soll durch einen eindeutigen Wiedererkennungswert bestimmter Funktionen zusätzlich gewährleistet werden. Eine minimale Ablenkung von der Fahraufgabe und die Unterbrechbarkeit einer Aufgabe in kurze sequentielle Bedienaktionen sind Anforderungen, die für eine verkehrssichere Interaktion im Automobil unverzichtbar sind. Ein bedeutendes Kriterium stellt die Akzeptanz und die Freude an der Nutzung dar.

Die pragmatische Erfüllung der Anforderungen durch listenbasierte Anzeigeconzepte konnte bis dato gezeigt und realisiert werden. Ein attraktives und anziehendes graphisches Interaktionskonzept unter Einhaltung der automobilen und gebrauchstauglichen Anforderungen stellt eine große Herausforderung an zukünftige Anzeige-Bedienconzepte im Automobil dar.

1.2. Lösungsansatz

Autofahrer sind hinsichtlich Demographie, Ausbildung und kulturellem Hintergrund eine heterogene Benutzergruppe. Durch diese Heterogenität muss eine Schnittmenge an gemeinsamen Wissen gefunden werden, damit ein generell verständliches und nachvollziehbares Konzept entstehen kann. Physikalische Mechanismen und Eigenschaften wie Größe, Position und Licht sind unabhängig von Kultur, Alter und Bildungsniveau. Jeder Mensch macht seine Erfahrungen mit diesen Gegebenheiten, die Bestandteil der Wahrnehmung, der Orientierung und des täglichen Lebens sind. Um geeignete Sachverhalte als Vorlage für Metaphern auszuwählen, die dem Gros der Nutzergruppe bekannt sind, wird in dieser Arbeit ein Ansatz verfolgt, der geläufige Sachverhalte aus dem Alltag und visuelle physikalische Attribute von Objekten auf ihre Tauglichkeit als Konzeptbestandteile einer graphischen Interaktionsoberfläche erforscht. Durch die Anlehnung an bereits bekannte Gegenstände und Gesetzmäßigkeiten aus dem täglichen Leben soll die Lernphase verkürzt und die Akzeptanz des Benutzers erhöht werden.

Eine Analyse erfolgreicher Interaktionsconzepte aus verwandten Gebieten, beispielsweise der Computerdomäne, identifiziert zentrale Ansatzpunkte. In dieser Arbeit werden diese unter Berücksichtigung der Anforderungen automotiver Systeme aufbereitet und dienen als Grundlage der Konzeption graphischer Bedienstrategien. Von besonderem Interesse ist der Trend zu dreidimensionalen Darstellungen, die Mechanismen des Alltags realitätsnäher abbilden als zweidimensionale Conzepte. In der Kernidee wird der Informationsraum auf die dritte Dimension erweitert, die innovative und nutzergerechte Bedienstrategien ermöglicht, die selbst in anderen Domänen bislang unbekannt sind.

Inhaltlich wird eine Raum-Metapher sowie das Potential von Rückseiten als Informationsträger untersucht. Eine prototypische Realisierung basiert auf physikalischen Eigenschaften von Objekten, wie beispielsweise deren Ausrichtung, und kognitiven Fähigkeiten des Menschen, wie deren räumliches Erinnerungsvermögen. Zur Erhöhung von

Attraktivität und emotionaler Wahrnehmung werden Licht und Schattenmetaphern zur Menüführung konzipiert. Sie sprechen auf unaufdringliche Art und Weise das emotionale Empfinden der Anwender an. Zusätzlich werden die textuellen, linearen Strukturen kurzer und langer Listen aufgebrochen. Die Umsetzung eines Lesezeichenmenüs als Spirale ist eine Alternative zur textbasierten Repräsentation kurzer Listen. Für eine adäquate Anzeige umfangreicher Datenmengen wird exemplarisch ein großes Musikarchiv mittels einer Landkarte visualisiert, die kartographische Elemente zur Exploration und Steuerung anbietet.

Ein Metamodell, das eine rudimentäre Basis für einen qualitativen Vergleich und eine Spezifikation von Bedienoberflächen sowie designtechnischer Spielformen ermöglicht, rundet die Arbeit ab. Es wird ein systematischer Ansatz vorgeschlagen, der methodisch Anwendungsfälle, Kontext, Funktionalität und Bedienlogik durch eine geeignete Informationspräsentation auf den Nutzer abstimmt. Dabei wird aufgezeigt, dass bezüglich dieser Thematik Handlungsbedarf besteht, der über eine empirische Absicherung der Konzepte hinausgeht und ein modellbasiertes Vorgehen ermöglicht.

1.3. Ergebnisvorschau

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zeigen, dass der Ansatz graphischer Interaktionsmetaphern für Fahrerinformationssystemen angemessen ist und darüber hinaus eine Steigerung der Attraktivität bedeutet sowie die Gebrauchstauglichkeit erhöhen kann.

Keine der konzipierten graphischen Interaktionsvarianten erzeugte eine signifikant höhere Ablenkung von der Fahraufgabe als herkömmliche Darstellungen, gemessen durch das Blickverhalten, die Spurhaltegröße und die Blindbedienbarkeit. Die mittleren Blickdauern liegen im gesetzlich vorgeschriebenen Bereich und können in manchen Fällen signifikant reduziert werden. Bei der Blindbedienbarkeit langer Listen konnte weder der textbasierte noch der kartographische Ansatz die Anforderungen einer angemessenen Bedienung während der Fahraufgabe erfüllen. Animationen hingegen erzeugen unter der Voraussetzung, dass sie durch eine Aktion des Anwenders ausgelöst werden, exozentrische Animationspfade visualisieren sowie in einer angemessenen Dauer ablaufen, keine höhere Ablenkung von der Fahraufgabe in den mittleren Blickdauern, der Unterbrechbarkeit und der Spurhaltegröße.

Es erfolgt eine signifikante Steigerung der Attraktivität durch Dreidimensionalität und Informationsvisualisierung gegenüber textbasierten, zweidimensionalen Darstellungen. Besonders der Einsatz von Licht und Schatten als metaphorische Präsentation des Fokus angelehnt an Detail- und Kontext-Konzepte verbessert die emotionale Wahrnehmung. Animationen, unter den oben genannten Voraussetzungen, können ebenfalls zu einem positiveren Empfinden beitragen.

Die Ergebnisse zu den Kriterien der Gebrauchstauglichkeit müssen differenziert betrachtet werden. Durch eine einfache räumliche Darstellung der Hauptmenüpunkte eines

komplexen Fahrerinformationssystem wird die Effizienz, gemessen an den Bearbeitungsdauern, erhöht. Eine spiralförmige Anordnung von geringen Datenmengen ist allerdings in manchen Fällen signifikant langsamer als eine text- und bildbasierte Liste. Die kartographische Präsentation großer Datenmengen stellt sich nach einer Eingewöhnungsphase bis auf wenige Ausnahmen als die schnellere Variante gegenüber einer langen alphabetisch sortierten Liste heraus und verfügt über eine steilere Lernkurve. Abschließend sind Konzepte mit erklärenden Animationen unter angemessenen Ablaufdauern intuitiver als unanimierte Konzepte. Der Vorteil der Animationen im Erstkontakt verringert sich objektiv über die Gewöhnung, aber sie werden dennoch subjektiv weiterhin bevorzugt.

Die Betrachtung der objektiven und subjektiven Daten aus den Nutzertests zeigt das hohe Potenzial von graphischen Interaktionsmetaphern basierend auf physikalischen Eigenschaften für ein breites Benutzerspektrum in der Domäne der Fahrerinformationssysteme auf.

1.4. Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sechs thematisch zusammengehörige Blöcke. Die örtliche Nähe in der Übersicht in Abbildung 1.1 zeigt die Zusammenfassung der Kapitel 5 und 6 sowie der Kapitel 7 und 8 zu jeweils einem Block.

Im folgenden zweiten Kapitel, dem ersten Block, werden wichtige Grundlagen der Mensch-Maschine-Interaktion erläutert. Da es sich in der Arbeit um benutzerzentrierte Konzepte handelt, wird auf relevante Eigenschaften des Menschen, fokussiert auf seine individuelle Vielfalt und seine wahrnehmungsrelevanten Fähigkeiten eingegangen. Das Kapitel enthält einen Abriss über die Mensch-Maschine Interaktion im Automobil und deren geschichtliche Entwicklung, über das Benutzerprofil, die vom Fahrer zu bewältigenden Aufgaben sowie den Stand der Technik und die Möglichkeiten zur standardisierten Evaluierung. Relevante Aspekte zu graphischen Interaktionskonzepten in verwandten Domänen schaffen eine Grundlage für weiterführende Konzeptionen.

In Kapitel 3, dem zweiten Block, wird ein Modell entwickelt, dass vor einer empirischen eine methodische Absicherung zulässt. Die Konzeption eines Metamodells ermöglicht ein strukturiertes Vorgehen bereits in einer frühen Phase und zeigt das Bedürfnis nach einer systematischen, umfassenden Betrachtung der Bestandteile des Mensch-Maschine-Systems sowie deren Auswirkungen auf die Informationspräsentation.

Kapitel 4 enthält eine umfassende Analyse alltäglicher Gegenstände und stellt den dritten Block dar. Konkret werden reale dreidimensionale Szenen analysiert und die visuellen Eigenschaften physikalischer Objekte, die Komposition einer Szenerie sowie deren Inszenierung auf ihre Bedeutung im alltäglichen Leben und ihre Verwendung in bestehenden Interaktionskonzepten untersucht. Eine analoge Analyse fahrrelevanter Gegenstände rundet das Kapitel ab.

Ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen werden in Kapitel 5 verschiedene Konzepte zur graphischen Informationspräsentation für Fahrerinformationssysteme erarbei-

tet. Im Einzelnen wird eine perspektivische Menüanordnung, Rückseiten als Informationsträger, eine Spirale als Bookmarkmenü und die Menüführung mittels Licht und Schatten sowie eine kartographische Darstellung großer Informationsmengen entwickelt. Die zugehörigen prototypischen Demonstratoren, die eine Erlebbarkeit der Konzepte erlauben, werden im darauf folgenden Kapitel 6 dokumentiert, das zusammen mit Kapitel 5 den vierten Block bildet.

Die beiden Kapitel 7 und 8 des fünften Blocks stellen Benutzerstudien vor, die alternative Informationspräsentationen zur Listendarstellung sowie die Nutzung von Animationen in Fahrerinformationssystemen untersuchen. Im Detail werden in Kapitel 7 jeweils zwei dreidimensionale und ein kartographischer Ansatz mit herkömmlichen Listenstrukturen verglichen sowie eine Gegenüberstellung der beiden Bedienelemente, multifunktionaler Controller und Touchscreen, durchgeführt. Kapitel 8 beschäftigt sich mit Fragestellungen zur Ablenkungswirkung von Animationen, einer adäquaten Animationsdauer und den Interferenzen von Animationen mit der Fahraufgabe.

Abschließend wird die Arbeit in Kapitel 9 zusammengefasst und die Ergebnisse gesamtheitlich diskutiert. Es wird ein Ausblick gegeben, welche Forschungsarbeiten und Herausforderungen für einen serienmäßigen Einsatz von graphischen Interaktionsmetaphern in Fahrerinformationskonzepten zukünftig gelöst werden müssen.



Abbildung 1.1: Kartographische Übersicht über die einzelnen Kapitel der vorliegenden Arbeit in der Reihenfolge der Pfeile.

2. Theoretische Grundlagen

Definitionen, Historie sowie verwandte Arbeiten charakterisieren Mensch-Maschine-Interaktion, automotive Bediensysteme und graphische Benutzeroberflächen.

Die vorliegende Arbeit untersucht benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern als Weiterentwicklung der aktuell listenbasierten Fahrerinformationssysteme. Nachdem der Mensch sich im täglichen Leben und insbesondere während des Autofahrens in einer räumlichen Umgebung bewegt und mit ihr interagiert, wird die Informationsdarstellung zusätzlich auf die dritte Dimension erweitert. Der Fahrer soll mithilfe dieses Ansatzes schneller, intuitiver und vor allem mit größerem Vergnügen auf die gewünschte Funktionalität zugreifen. Gleichzeitig muss die Ausführung der Fahraufgabe mit der Bedienung des Informationssystems vereinbar sein.

In diesem Kapitel wird eine grundlegende Einführung in die Thematik der Mensch-Maschine-Interaktion, die dabei zu berücksichtigenden Eigenschaften des Anwenders, der besonderen Situation der Interaktion im Automobil und der graphischen Bedienoberflächen gegeben. Jedes Themengebiet wird durch eine Basisterminologie, die geschichtliche Entwicklung und den aktuellen Stand der Technik sowie relevante Forschungsarbeiten charakterisiert.

Nachdem sich die Grundlagen der Arbeit auf ein stark interdisziplinär zusammengesetztes Themengebiet stützen, sind lediglich die für die Dissertation relevanten Aspekte dargestellt. Auf ausführliche und umfassende Literatur zu den einzelnen Disziplinen wird an den entsprechenden Stellen verwiesen.

2.1. Mensch-Maschine-Interaktion

Heutzutage haben computerbasierte Systeme Eingang in fast alle Bereiche des menschlichen Lebens gefunden. Der Mensch benutzt solche Systeme, um Arbeitsabläufe zu vereinfachen und um bestimmte Funktionen zu nutzen. Im *ACM SIGCHI Curricula for HCI* [3] wird der Begriff *Mensch-Maschine-Interaktion* folgendermaßen definiert:

Die Mensch-Maschine-Interaktion ist eine Disziplin, die sich mit dem Design, der Implementierung und Evaluierung von interaktiven Maschinen und Computersystemen für

2. Theoretische Grundlagen

die menschliche Nutzung beschäftigt.

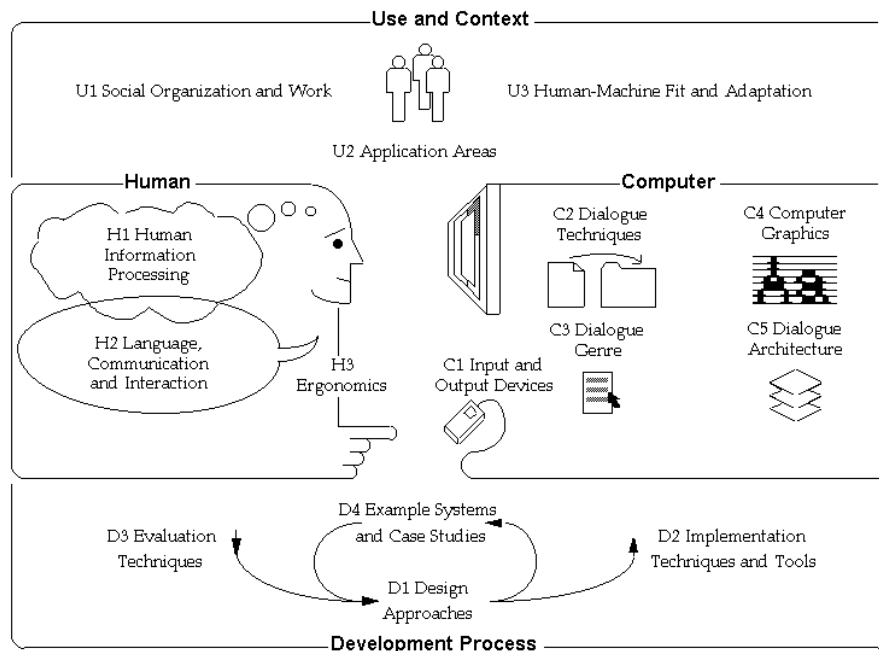


Abbildung 2.1: Die vier Bereiche der *Mensch-Maschine-Interaktion*: Mensch, System, Aufgabenkontext und Entwicklungsprozess [3].

Das Gebiet der *Mensch-Maschine-Interaktion* setzt sich aus vier Bereichen zusammen [3]:

Mensch Der Mensch wird im Kontext mit der Nutzung von rechnergestützten Systemen im Folgenden auch als *Anwender* und *Benutzer* bezeichnet und ist in einer automatisierten Umgebung im Speziellen gleichzeitig der *Fahrer*. Beim Entwurf eines interaktiven Systems entstehen Anforderungen aufgrund menschlicher Informationsverarbeitungsprozesse, Kommunikationsverhalten und physikalischer Fähigkeiten. Individuelle Eigenschaften, wie Bildung, kultureller Hintergrund und Demographie, wirken sich auf sein Leistungsvermögen aus. Details zu dieser Thematik werden in Kapitel 2.2 ausführlich beschrieben.

Die Bedienung von Fahrerinformationssystemen wird hinsichtlich individueller Attribute von einer äußerst heterogenen Gruppe durchgeführt, die in Abschnitt 2.3.2 charakterisiert wird.

Aufgabenkontext Computerbasierte Systeme haben sich zum heutigen Zeitpunkt als essentielle Werkzeuge zur Bewältigung von Aufgaben in nahezu allen Sozial-, Organisations- und Arbeitsbereichen durchgesetzt und stellen für den jeweiligen Kontext passende An-

wendungen zur Verfügung. Aus der Umgebung entstehen Anforderungen, die bei dem Design interaktiver Systeme berücksichtigt werden müssen.

Im Aufgabenkontext der vorliegenden Arbeit führt der Benutzer während der Bedienung des Systems zeitgleich die Fahraufgabe aus, siehe Abschnitt 2.3.3. Aus dieser Situation entstehen spezifische Anforderungen, die in Kapitel 2.3.5 ausgeführt sind. Gefordert wird beispielsweise, dass der Fahrer lediglich minimal durch die Systembedienung abgelenkt werden darf oder dass der Fahrer höchstens eine Hand zur Bedienung vom Lenkrad nehmen darf [164].

System Das System stellt eine der Umgebung, den Bedürfnissen des Anwenders und der Leistungsfähigkeit des Systems entsprechende Funktionalität zur Verfügung. Dabei wird die Funktionalität strukturiert und in Form eines Dialogs oder von Aufträgen aufbereitet. Mechanismen zur Ein- und Ausgabe ermöglichen den Zugriff auf Systemfunktionen und bestimmen die eingesetzte Interaktionstechnik.

Bei der Bedienung während der Fahrt befindet sich der Fahrer bereits in einem Systemverbund - dem Auto. Er interagiert über die Eingabegeräte Lenkrad und Pedalerie sowie über diverse Zusatzsysteme beispielsweise dem Blinker. Ein Fahrerinformationssystem, definiert in Abschnitt 2.3.4, stellt ein weiteres System dar, das sich in den bestehenden Verbund integrieren muss.

Entwicklungsprozess Der Entwicklungsprozess für Mensch Maschine Systeme findet iterativ statt. Es stehen Entwicklungswerkzeuge zur Konzeption und Umsetzung von Interaktionsdialogen und -techniken zur Verfügung. Eine unmittelbare Einbeziehung der Benutzer in den Entwicklungsprozess ist von essentieller Bedeutung. Es werden für jede Stufe adäquate Evaluierungsmethoden durch Experten oder Anwender angeboten.

Für Fahrerinformationssysteme werden analog für jede Entwicklungsstufe teilweise standardisierte Methoden zur Verfügung gestellt, die eine Verträglichkeit des Systems mit der Fahraufgabe bereits in einem frühen Stadium durch Anwender, z.B. durch die Methode des Lane Change Task, ermöglichen. Die in dieser Arbeit eingesetzten Methoden werden in Kapitel 2.5 vorgestellt.

2.1.1. Ziele interaktiver Systeme

Interaktive Systeme haben zum Ziel einen gewissen Funktionsumfang möglichst benutzerfreundlich und angenehm umzusetzen [115, 151].

2.1.1.1. Zweckmäßigkeit, engl. Utility

Die *Zweckmäßigkeit* beschreibt die Funktionalität des Systems und gibt an, welche Aufgaben absolviert und welche Ziele erreicht werden können.

2.1.1.2. Gebrauchstauglichkeit, engl Usability

Die *Gebrauchstauglichkeit* bewertet das Maß, wie leicht und effizient eine Aufgabe mit einem interaktiven System erledigt werden kann und wird nach Nielsen [115] folgendermaßen definiert:

Die *Gebrauchstauglichkeit* ist ein Qualitätsattribut, das angibt, wie einfach interaktive Systeme zu benutzen sind. Es wird an folgenden Kriterien gemessen:

- *Erlernbarkeit*: Die wichtigsten Tätigkeiten sollen bereits nach einer kurzen Lernphase ausgeführt werden können.
- *Effizienz*: Nach dem Erlernen des Systems soll der Anwender seine Aufgaben schnell und effizient erledigen.
- *Reproduzierbarkeit*: Sporadisch genutzte Funktionen sollen schnell auffindbar sein und ein erneutes Erlernen des Systems vermieden werden.
- *Geringe Fehlerrate*: Falscheingaben und Fehler auf Anwenderseite sollen nicht zu stark ins Gewicht fallen.
- *Zufriedenheit*: Die Bedienung des System soll angenehm sein.

Zum heutigen Stand spielt zudem die *Anpassung an die Nutzungssituation*, in unserem Fall die gleichzeitige Ausführung der dominanten Fahraufgabe, eine entscheidende Rolle.

2.1.1.3. Attraktivität, engl. Likeability

Die *Attraktivität* gibt an, wie sehr der Anwender das Produkt anziehend findet, sich damit identifizieren kann, und wieviel Vergnügen es ihm bereitet mit dem System zu interagieren. Aufgrund einer Übersättigung des Marktes gewinnt die Frage der Attraktivität und der emotionalen Anziehungskraft in letzter Zeit besonders an Bedeutung [116].

2.1.1.4. Zusammenhang zwischen Zweckmäßigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität

Die Zweckmäßigkeit bildet die Basis der angeführten Ziele. Kann der Anwender seinen Zweck mit einem System nicht erreichen, spielen die Gebrauchstauglichkeit und Anziehungskraft keine wirkliche Rolle mehr. Eine gute Gebrauchstauglichkeit kann die Basis für eine hohe Anziehungskraft eines Systems darstellen. Manchmal werden Benutzer eines Produktes aber auch aufgrund anderer Umstände emotional positiv angesprochen, beispielsweise wegen des Designs oder der Geschichte, die sich hinter dem Produkt verbirgt [116]. In diesem Fall kann eine Akzeptanz eines Systems mit einer unzureichenden Gebrauchstauglichkeit erfolgen. Umgekehrt ist eine hohe Zweckmäßigkeit und Gebrauchstauglichkeit kein Garant für eine hohe Attraktivität.

2.1.2. Wichtige Aspekte interaktiver Systeme

Um die im vorherigen Abschnitt erläuterten Ziele zu erreichen, muss ein interaktives System bestimmte Aspekte erfüllen. Es existiert eine Fülle an Richtlinien [155] und Normen [60, 59], die beschreiben, welche Regeln und Aspekte bei der Konzeption einer erfolgreichen Schnittstelle zu berücksichtigen sind. Auf diese soll an dieser Stelle lediglich verwiesen werden. Im Folgenden wird vielmehr auf eine Auswahl sowie eine Erweiterung der Regeln eingegangen, die für benutzerzentrierte Informationsdarstellungen von Bedeutung sind.

2.1.2.1. Konsistenz

Konsistenz bedeutet, dass ähnlich aussehende Elemente und Anordnungen gleichartig funktionieren und dass Elemente gleicher Funktion entsprechend dargestellt sind.

2.1.2.2. Aufforderungscharakter

Der *Aufforderungscharakter* (engl. *Affordance*), ist der meist visuelle Hinweis eines Gegenstands oder interaktiven Systems, welche Aktionen auf welche Art und Weise damit ausführbar sind.

2.1.2.3. Intuitivität

Intuitivität bedeutet, dass der Benutzer die Funktionsweise eines interaktiven Systems ohne Hilfsmittel und Erklärungen lediglich aufgrund seiner Erfahrungen, die aus anderen Bereichen stammen können, versteht. Computersysteme erzeugen eine künstliche Welt und sind daher nicht natürlich. Um das intuitive Verständnis zu erhöhen, muss das Vorwissen des Benutzers berücksichtigt werden.

2.1.2.4. Implementierungsmodell, repräsentatives Modell und mentales Modell

Abbildung 2.2 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Implementierungsmodell, dem repräsentativen Modell und dem konzeptuellen Modell. Für das Design eines Systems entwickeln Designer ein *repräsentierendes Modell*, das dem Nutzer die Systemfunktionalität unabhängig von der Implementierung zugänglich macht. Die Entwicklung des repräsentierenden Modells basiert auf der Benutzergruppe sowie dem Nutzungskontext. Das repräsentierende Modell enthält Überlegungen über die Navigationsstruktur, die Zusammengehörigkeit von Systemteilen und eine Zuordnung welche Funktion durch welches Element der Bedienoberfläche ausgelöst wird.

Während der Nutzer das System bedient, formt er für sich ein *mentales* oder *konzeptuelles Modell* basierend auf seinen Erfahrungen. Er bildet ein eigenes Konzept über die Systemstruktur und Funktionsweise. Das Ziel des Entwicklers ist es typischerweise, ein

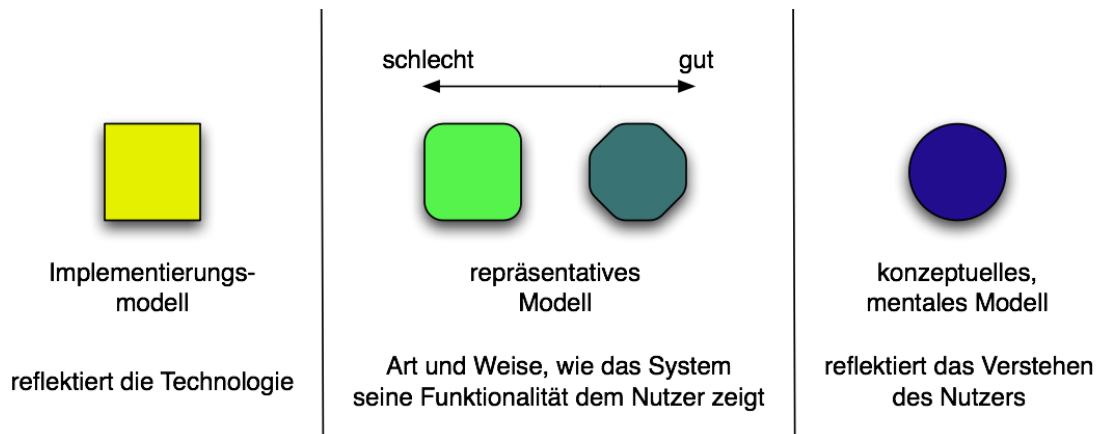


Abbildung 2.2: Zusammenhang zwischen dem Implementierungs, repräsentativen und konzeptuellen Modell eines interaktiven Systems, nach [54].

möglichst vollständig übereinstimmendes repräsentierendes Modell durch das Systemabbild zu kommunizieren [54, 118].

2.1.2.5. Emotion

Laut Norman sind Gebrauchstauglichkeit und Ästhetik eng miteinander verknüpft [116]. Ein ansprechendes Konzept verschafft dem Benutzer mehr Freude in der Bedienung und steigert damit seine Akzeptanz und Bereitschaft, das Konzept zu erlernen und zu nutzen.

2.1.3. Geschichtliche Entwicklung

Bei der näheren Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung interaktiver Systeme lassen sich unter anderem zwei interessante Entwicklungen beobachten:

- *Der Wechsel vom Fokus auf dem System zum Fokus auf dem Menschen:* Zu Beginn der Entwicklung interaktiver Systeme setzte deren Benutzung eine hohe Expertise über das System, seine Architektur und Funktionsweise voraus. Bei heutigen interaktiven Geräten wird eine intuitive Benutzung ohne großen Lernaufwand gefordert. Der Anwender braucht nicht mehr zu verstehen, wie seine Eingaben in einem System elektronisch umgesetzt werden. Es wird von einem Wechsel von einem systemzentrierten zu einem nutzerzentrierten Ansatz gesprochen.
- *Zunahme der Funktionalitätsumfänge und -dynamik:* Anfänglich wurden Systeme für einen begrenzten und zu Beginn exakt definierten Funktionsumfang, beispielsweise für komplexe Rechenoperationen, konzipiert. Im Laufe der Zeit wurde die Anzahl der Funktionen, z.B. um Text- und Zeichenprogramme, sukzessive erhöht. Heutzutage werden Art und Umfang der Funktionalität dynamisch zur Lebenszeit des Systems verändert.

Der Drang des Menschen, Arbeitsabläufe zu vereinfachen und zu automatisieren, hat bereits in der Antike zu ersten mechanischen Artefakten geführt, die komplexe Berechnungen unterstützen. Deren Benutzung setzt ein vollständiges Verständnis ihrer Funktionsweise voraus. Der Abakus [174], das Rechenbrett des Pythagoras und der Computer von Antikythera [176] sind bekannte Beispiele.

Durch den technischen Fortschritt konnten ab Mitte des 18. Jahrhunderts wiederkehrende Abläufe in der Maschinensteuerung via Lochkarten automatisiert werden. Ein bekanntes Beispiel sind lochkartengesteuerte Webstühle oder die Wiedergabe von Musikstücken durch Walzen mit darauf angebrachten Stiften. Die Daten für eine spezielle Funktion werden auf geeignete Form codiert, beispielsweise gestanzte Löcher in einem dünnen Karton. Dies implizierte einen Paradigmenwechsel in der Interaktion. Es werden keine Kenntnisse mehr über den genauen Systemaufbau, sondern über Syntax und Semantik des Codes vorausgesetzt.

Konrad Zuse beschreibt 1936 als erster alle Elemente der so genannten von-Neumann-Architektur und stellt 1941 einen freiprogrammierbaren, größtenteils nicht mechanischen Rechner vor, die Zuse Z3, die heute als erster funktionstüchtiger Computer gilt [179].

Mit der Entwicklung der Hardwarekomponenten „Maus“ und „Tastatur“ für benutzerseitige Eingaben und „Monitor“ für systemseitige Ausgaben wurden verschiedene Interaktionsformen durchlaufen [54, 115, 125, 155]:

- *Stapelverarbeitende Systeme*: Ein Auftrag wird geschlossen bestehend aus Daten und Steueranweisungen an das System übermittelt und erst nach Beendigung der Verarbeitung zurückgegeben. Auf fehlerhafte Eingaben kann während des Bearbeitungsprozesses nicht reagiert werden. Für die Bedienung sind genaue Kenntnisse über Semantik und Syntax der abstrakten Rechenoperationen Voraussetzung.
- *Kommandobasierte Systeme*: Die Interaktion mit dem Computer findet mittels eines Textterminals statt. Textbasierte Befehle werden mithilfe einer Tastatur eingegeben und erscheinen unmittelbar auf einem Monitor. Auf fehlerhafte Eingaben kann sofort reagiert werden. Der Benutzer muss die komplexen Kommandos in exakter, formaler Syntax eingeben. Erste Metaphern, wie Ordner und Dokumente abstrahieren von der elektronischen Funktionsweise des Systems.
- *Graphische Systeme*: In graphischen Systemen wird die Funktionalität des Systems über bildhafte, metaphernbasierte Darstellungen angezeigt. Der Benutzer manipuliert die graphischen Elemente durch direkte Manipulation via einem Zeigegerät, der Maus. Befehle werden auf Aktionen abgebildet, beispielsweise wird ein Dokument gelöscht indem sein graphischer Repräsentant auf einen Papierkorb, ebenfalls ein graphischer Repräsentant, gezogen wird. Mit der Einführung graphischer Benutzeroberflächen und deren natürlicher Bedienung durch direkte Manipulation in Kombination mit dem Einsatz bildhafter Metaphern erreichen die Maschinen breitere Benutzergruppen. War die Bedienung von Computern bislang Experten

vorbehalten, wird die elektronische Welt fachfremden Benutzern zugänglich gemacht.

- *Benutzerzentrierte Systeme*: Die Grundidee der Desktopmetapher, die Gegenstände und Mechanismen der Büroumgebung in die Interaktionswelt zu übertragen, hat sich bis in die heutige Zeit gehalten. Der Benutzer wird in das Zentrum der Interaktion gestellt. Es sind neue Eingabeformen entstanden, welche die Modalitäten des Menschen mit einbeziehen, um eine natürliche, der zwischenmenschlichen Kommunikation nachempfundene Interaktion anzunähern: Sprache, Hand- und Kopfgesten, Emotion, biometrische Daten und deren Kombination. In diesem Fall spricht man von *Multimodalität*.

Neben dem Desktop-basierten PC haben sich weitere rechnerbasierte Systeme entwickelt, die neue Hardwarebedingungen mitbringen. *Mobile Endgeräte* stellen einen Teil dieser Gruppe dar und sind tragbare Systeme, die meist für eine spezielle Funktion, wie *Telefonieren* oder *Musik hören*, entwickelt wurden und mittlerweile multifunktional sind. Es gibt fließende Grenzen, engl. *confluence*, zwischen den Geräten und es werden beispielsweise Kameras in Handys und MP3 Spieler in tragbare Navigationsgeräte integriert. Diese Gruppe muss mit kleinen Displays sowie neuen Eingabemechanismen auskommen und hat spezielle Lösungen entwickelt, beispielsweise alphanumerische Eingabe über eine 12er Tastatur. Im anderen Extrem haben sich mit *SmartBoards* und *interaktiven Tischen* große Displays entwickelt, die meist per berührungssensitiver Bildschirme bedient werden und ebenfalls Alternativen für beispielsweise alphanumerische Eingaben anbieten müssen.

In der *virtuellen Realität*, engl. *virtual reality*, (*VR*), wird der Benutzer mithilfe eines Head Mounted Displays (HMD) oder einer CAVE, ein Raum, in den eine dreidimensionale Umgebung projiziert wird, in eine künstliche, immersive Welt versetzt.

Erweiterte Realität, engl. *augmented reality*, (*AR*) integriert computerbasierte Erweiterungen in die physikalische Umgebung. Dazu werden Hilfsmittel wie beispielsweise Head Mounted Displays und Tracker benötigt.

Durch diese Möglichkeiten ändert sich das Nutzerverhalten dahingehend, dass die Interaktion mit dem System nicht mehr in allen Fällen mit ungeteilter Aufmerksamkeit durchgeführt wird. Nicht nur im Automobil, sondern auch in anderen Umgebungen, beispielsweise der Medizin, werden mehrere Aufgaben neben der Interaktion parallel ausgeführt, wobei die Interaktion nicht zwingend die oberste Priorität hat. Dabei kann zwischen Systemen unterschieden werden, die den Anwender bei der Durchführung der Primäraufgabe unterstützen und Systemen, die die zeitgleiche Ausführung einer zweiten Aufgabe ermöglichen.

Eine Vision, die von Mark Weiser vorhergesagt wurde, ist das Paradigma des *Ubiquitous Computing*, laut dem der Computer in der Umgebung verschwindet [171]. Der Mensch ist sich über die Benutzung eines Computersystems nicht mehr bewußt. Dadurch wird unmerklich die Realität verbessert und es wird keine künstliche erzeugt.

2.2. Der Mensch – Vielfalt und Fähigkeiten

Der Mensch stellt ein dominantes Bindeglied im Systemverbund der Mensch-Maschine-Interaktion dar, besonders durch die historische Verlagerung des Fokus von einem systemzentrierten zu einem benutzerzentrierten Ansatz. Nach Jennifer Preece [125] sind die Ziele von Interaktionsdesign, menschliche Fähigkeiten zu erweitern und menschliche Schwächen zu kompensieren. Dabei muss, wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, die individuelle Heterogenität verschiedener Benutzer hinsichtlich demographischer, sozialer und kultureller Aspekte beachtet werden. Psychologische Fähigkeiten, insbesondere die Wahrnehmung in räumlichen Umgebungen, spielen zur Argumentation dieser Arbeit eine essentielle Rolle.

2.2.1. Individualität der Anwender

Die Absichten, die Fähigkeiten und der Hintergrund des Benutzers müssen bei der Konzeption von Benutzerschnittstellen berücksichtigt werden.

2.2.1.1. Kriterien der Benutzerindividualität

Ein Benutzerprofil setzt sich aus den folgenden Kriterien [125, 155] zusammen.

- *Persönliche Unterschiede* beziehen sich auf das Geschlecht, aber auch auf Charaktereigenschaften, die die Individualität jedes einzelnen Benutzers stark prägen.
- Verschiedene *Altersgruppen* unterscheiden sich einerseits durch die im Laufe der Zeit eintretenden wahrnehmungsrelevanten und motorischen Fähigkeitsänderungen. Andererseits führen Erfahrungen sowie äußere Umstände des Erlebten wie Gesellschaftsformen zu Unterschieden hinsichtlich der Handhabung und Persönlichkeit.
- Zusätzlich wirkt sich der *kulturelle Hintergrund* auf Unterschiede zwischen den Individuen aus. In diesem Bereich gibt es essentielle Differenzen, wie beispielsweise Leserichtung oder Bedeutung von Farben.
- Sonderfälle stellen Benutzer dar, die aus verschiedenen Gründen von der *Norm abweichen* oder in ihren Fähigkeiten eingeschränkt sind. Für die Konzeption von Benutzeroberflächen müssen für diese spezielle Nutzergruppe explizit zugeschnittene Lösungen realisiert werden, beispielsweise spezielle Ausgabegeräte wie die Braillezeile für Blinde.
- *Erziehung, Vorbildung* und *Erfahrungen* im Umgang mit technischen Systemen und Wissen über die mit dem System zu lösende Aufgabe beeinflussen das konzeptionelle Design des interaktiven Systems ebenfalls.

- *Nutzungszweck, Erwartungen* und *Motivation* wirken sich auf die Bereitschaft, das System zu erlernen und dessen Akzeptanz aus. Die Bereitschaft neue Interaktionsformen zum Spielen zu erlernen, kann eine höhere Motivation darstellen, als wenn es sich um einen Arbeitszweck handelt.
- Benutzer können in verschiedene Klassen bezüglich ihrer *Erfahrung mit dem System* in Anfänger, Gelegenheitsbenutzer und Experten eingeordnet werden.

Die Heterogenität von Benutzern erschwert die Konzeption der Benutzeroberfläche. Nachdem der Benutzer nach der Definition benutzerzentrierter Systeme im Fokus der Konzeption steht, muss die Individualität für eine allgemeine Verständlichkeit, Intuitivität und Akzeptanz berücksichtigt werden.

2.2.1.2. Heterogene Benutzergruppen in der Mensch-Maschine-Interaktion

Die Benutzergruppe der Autofahrer ist ausgesprochen heterogen, was kulturellen Hintergrund, Demographie und Vorbildung betrifft, siehe Kapitel 2.3.2. Um allen potentiellen Anwender ein attraktives und gebrauchstaugliches Interaktionskonzept zu gewährleisten, kommen zwei Lösungsansätze in Betracht:

- **Finden des größten gemeinsamen Nenners:** Die Einführung der graphischen Benutzeroberflächen zeigt, dass durch ein bildhaftes, metaphernbasiertes Interaktionskonzept eine breite Benutzergruppe erreicht werden kann. Damit der Benutzer eine Metapher begreifen kann, muss er das Referenzobjekt sowie dessen Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten kennen, siehe Abschnitt 2.4.4. Das bedeutet, dass das der Metapher zugrunde liegende Objekt so allgemein gehalten sein muss, dass die Gesamtheit der heterogenen Benutzergruppe damit umgehen und es wieder erkennen kann.
- **Identifikation der wichtigsten Benutzergruppen:** Die Gesamtheit der Benutzergruppe wird analysiert und in repräsentative Hauptkategorien eingeteilt, in die sich der individuelle Benutzer eindeutig einordnen lässt. Es werden für jede Anwenderklasse unter Berücksichtigung ihrer Besonderheiten eigene Interaktionskonzepte entwickelt.

Der zweite Ansatz ist im Speziellen für Fahrerinformationssysteme nicht zielführend. Die Benutzergruppe zu groß und heterogen, um Spezialgruppen zu identifizieren und sich mit der Konzeption darauf zu konzentrieren. Die Attributliste ist zu vielseitig, als dass sich eindeutige Kategorien finden lassen. Zusätzlich existieren Kategorien, in die Benutzer nicht eingeordnet werden möchten, auch wenn die Kategorie zutrifft. Ein Beispiel sind seniorengerechte Mobiltelefone [74], die sich aufgrund von Akzeptanzproblemen und der Außenwirkung, zu einer alten und damit unattraktiven Gruppe zu gehören, nur schwer durchsetzen können.

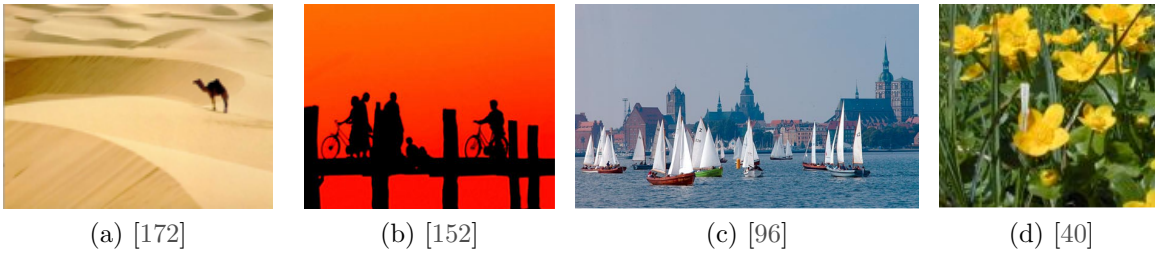


Abbildung 2.3: Figur-Grund-Trennung.

Bei dem ersten Ansatz steht die Konzentration auf möglichst allgemeine Themen im Vordergrund. Die Konzeption von Fahrerinformationssystemen lässt zumindest voraussetzen, dass dem Fahrer bestimmte Gegenstände rund um das Autofahren, beispielsweise eine Landkarte oder Straßenschilder, ein Begriff sind. Wir leben in einer dreidimensionalen, räumlichen Welt und verfügen über ausgeprägte kognitive Fähigkeiten diese wahrzunehmen, zu interpretieren und zu interagieren. In dieser Arbeit wird ein Ansatz verfolgt, der als Basis zur Konzeption von Metaphern physikalische Eigenschaften von Objekten sowie Gesetzmäßigkeiten der physikalischen, alltäglichen Welt, die uns umgibt, verwendet.

2.2.2. Wahrnehmung in räumlichen Umgebungen

Die menschlichen kognitiven und wahrnehmungsrelevanten Fähigkeiten müssen bei der Konzeption einer Benutzeroberfläche berücksichtigt werden. Da in der Kernidee der vorliegenden Arbeit dreidimensionale, graphische Nutzerschnittstellen betrachtet werden, müssen insbesondere visuelles und räumliches Leistungsvermögen miteinbezogen werden. Zusätzlich handelt es sich bei dem Nutzungskontext, in diesem Fall dem Autofahren, ebenfalls um die Bewegung in einer räumlichen Umgebung, die insbesondere die visuelle Aufmerksamkeit beansprucht.

Das Vorgehen des Begreifens, der Wahrnehmung und der Orientierung in der alltäglichen Umgebung erscheint dem Menschen als selbstverständlich und bereitet ihm meist keinerlei Schwierigkeiten. Die räumliche Wahrnehmung ist ein hochkomplexer Prozess, der sich aus einzelnen Mechanismen zusammensetzt. Die nachfolgenden Theorien zur visuellen und räumlichen Wahrnehmung sind aus [71, 83] entnommen und dort ausführlich beschrieben.

2.2.2.1. Figur-Grund-Trennung

Visuelle Wahrnehmung basiert auf der Fähigkeit, Teile von visuell dargestellten Informationen als zusammengehörig zu erkennen und daraus separate Objekte zu formen. Ein damit verbundener Vorgang ist die *Figur-Grund-Trennung*, welche die Fähigkeit beschreibt, Gegenstände von anderen getrennt wahrzunehmen [71, 94]. Dabei werden



(a) Ähnlichkeit [96]



(b) Fortsetzung [85]



(c) Relative Größe [22]



(d) Geschlossenheit [85]



(e) Gute Gestalt [150]

Abbildung 2.4: Gestalterkennung aufgrund der Gestaltgesetze.

Figuren als kleinere und besser strukturierte Reize definiert, der *Hintergrund* als größere und weniger strukturierte Felder. Beispiele aus der Realität sind in Abbildung 2.3 zu finden. Es werden demnach Gegenstände - Figuren - wahrgenommen, die sich in einem räumlichem Bezugssystem - dem Hintergrund - befinden.

2.2.2.2. Gestaltgesetze

Die Basis der Gestaltgesetze ist die Erkenntnis, dass der Mensch Dinge wahrnimmt, die nicht Teil seiner einfachen Sinneseindrücke sind. Obwohl viele Theorien der Gestaltpsychologie widerlegt wurden, haben die Gestaltgesetze einen entscheidenden Wert bei der Informationsvisualisierung, besonders bei der Wahrnehmung von Bildern und als Hinweis bei der Kodierung von Informationen [71, 83].

Gesetz der Nähe: Elemente, die zueinander einen geringen Abstand haben, werden als zusammengehörig wahrgenommen. Abbildung 2.5a illustriert das Gesetz der Nähe.

Gesetz der Ähnlichkeit: Einander ähnliche Objekte werden als Gruppe eingeordnet. In Abbildung 2.4a ist das Prinzip des Gesetzes der Ähnlichkeit und in Abbildung 2.5b ein Beispiel aus der Realität dazu dargestellt

Gesetz der Fortsetzung: Linien verfolgen nach der visuellen Wahrnehmung den einfachsten Weg. Deswegen wird beispielsweise eine Kreuzung nicht als Knick in der Linie angenommen, wie in dem Photo in Abbildung 2.4b und in schematischer Darstellung in Abbildung 2.5c.

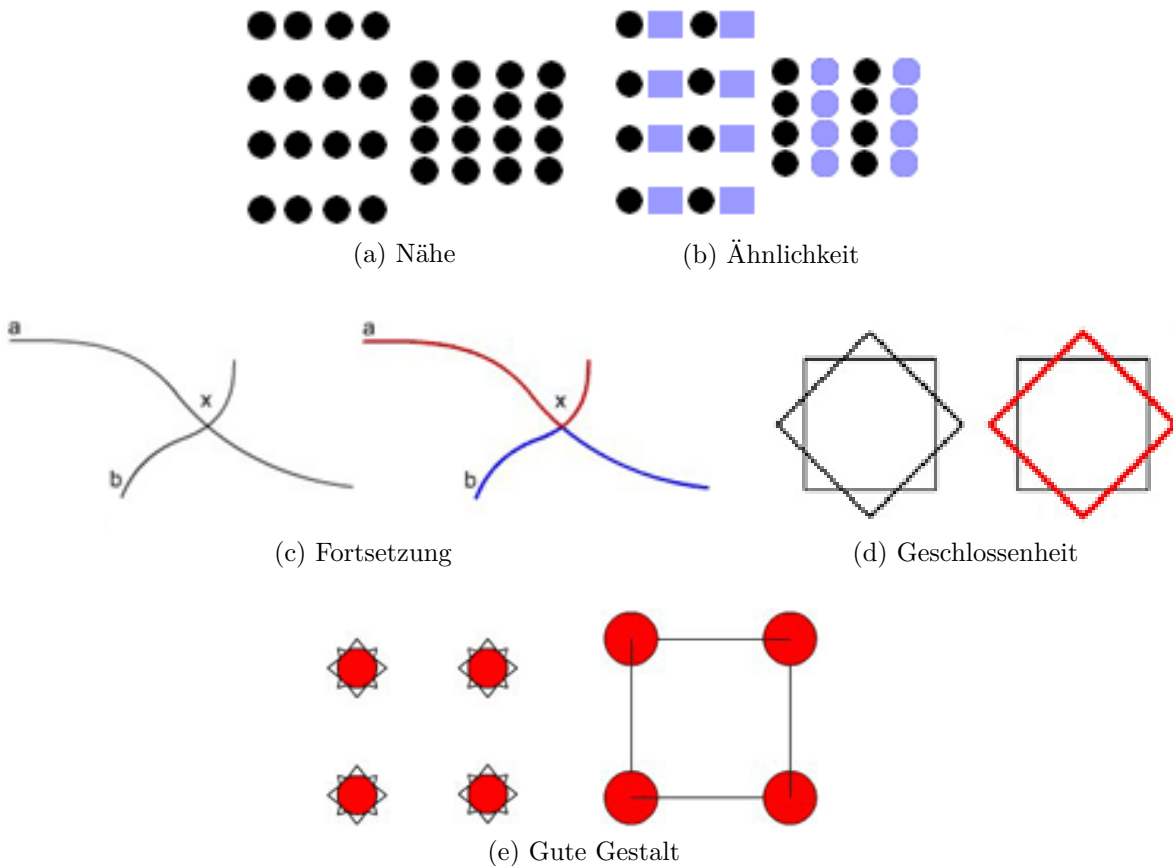


Abbildung 2.5: Illustrationen zu den Gestaltgesetzen [27].

Gesetz der relativen Größe: Kleine Komponenten werden als Objekte eingeordnet, große unstrukturierte Teile als Hintergrund, wie in der Abbildung 2.4c.

Gesetz der Geschlossenheit: Es existiert eine Tendenz von geometrischen Gebilden die Strukturen als Figur wahrzunehmen, wenn diese eher geschlossen wirken als offen. Abbildung 2.4d und 2.5d zeigen Beispiele zu dem Gesetz der Geschlossenheit.

Gesetz des gemeinsamen Schicksals: Objekte, die sich in eine gemeinsame Richtung fortbewegen, werden als zusammengehörig wahrgenommen.

Gesetz der guten Gestalt: Wahrnehmungseinheiten bilden sich so aus, dass sie eine möglichst einfache, einprägsame Gestalt darstellen. Illustrationen des Gesetzes zur guten Gestalt finden sich in den Abbildungen 2.4e und 2.5e.

Beispiele aus der Natur, die den Betrachter Figuren aufgrund bestimmter Gestaltgesetze wahrnehmen lassen, sind in Abbildung 2.4 dargestellt.

2.2.2.3. Objektwahrnehmung

Ein weiterer Prozess der visuellen Wahrnehmung ist die *Objektwahrnehmung* - also die Wahrnehmung von alltäglichen Gegenständen und deren Einordnung in die jeweilige Umgebung. Visuelle Informationen über Gegenstände, die auf der Netzhaut zweidimensional abgebildet sind, werden mental in dreidimensionale Objekte umgewandelt. Dabei können Mehrdeutigkeiten bzw. Undeutlichkeiten auftreten, die durch die Mechanismen der *Gestaltpsychologie* aufgelöst werden.

Die Theorie von David Marr beschreibt die Objektwahrnehmung als einen Verarbeitungsprozess, siehe Abbildung 2.6, in drei Stufen [71, 83]. Bei der *primären Rohskizze* werden Kanten und Elementarmerkmale identifiziert, bei der *2 1/2 dimensionalen Skizze*, die in der vorherigen Stufe gewonnen Elementarmerkmale gruppiert, weiterverarbeitet und letztendlich in der letzten Stufe das 3D-Objekt wahrgenommen. Andere Theorien

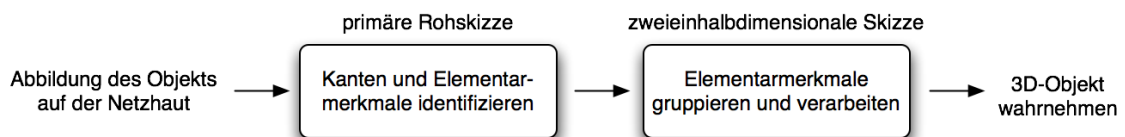


Abbildung 2.6: Verarbeitungsprozess der Objektwahrnehmung nach David Marr

zur Objekterkennung gehen von der Identifikation anhand elementarer Teilkörper, sog. Geonen (Biedermann) oder von einem Merkmalsintegrationsmodell (Treisman) [83] aus.

2.2.2.4. Optische Täuschungen

Falls einer der wahrnehmungsrelevanten Aspekte fehlerhaft interpretiert wird, wird von *optischen Täuschungen* gesprochen. Bekannte optische Täuschungen sind Probleme bei der Figur-Grund-Trennung, sogenannte Kippbilder, sowie die Relativität von Farbe, Länge, Parallelität oder Größe. Mit optischen Täuschungen kann bewusst gespielt werden, wie beispielsweise bei M.C. Escher [94].

2.3. Interaktion im Fahrzeug

Die Interaktion im Fahrzeug stellt durch das gleichzeitige Ausführen einer sicherheitsrelevanten Primäraufgabe - dem Fahren - eine besondere Situation für die Bedienung computerbasierter Systeme dar. Die geschichtliche Entwicklung der Interaktion im Fahrzeug zeigt den Umgang mit einer stetigen Integration zusätzlicher Funktionalität [114] und der



Abbildung 2.7: Geschichtliche Entwicklung des Cockpits am Beispiel von BMW [5].

damit verbundenen Paradigmenwechsel in der Interaktion, an die sich die vielseitige Benutzergruppe anpassen muss. Durch das Ausüben der Fahraufgabe und hinsichtlich der damit verbundenen kognitiven und motorischen Prozesse ergeben sich nichtfunktionale Anforderungen an das Design des Anzeige-Bedienkonzeptes. Mit der Simulation einer fahrähnlichen Aufgabe wird evaluiert, ob eine interaktive Anwendung verträglich mit der Fahraufgabe und den zugehörigen Anforderungen ist. Trotz der hohen Anforderungen, die aktuelle Systeme erfüllen, bestehen Probleme und Herausforderungen zukünftiger Anwendungsfälle, die gelöst werden müssen.

2.3.1. Geschichtliche Entwicklung

Die Geschichte des Automobils zeigt, dass zum einen das Bedürfnis nach hoher Sicherheit und Komfort, zum anderen der technologische Fortschritt die Eingliederung von immer mehr Funktionalität in die automobilen Umgebung zur Folge hat. Sind in dem Cockpit eines Wagens aus dem Jahr 1938 wie in Abbildung 2.7a schon erste Hebel und Knöpfe zur Bedienung des Komforts integriert, hat die Menge von Bedienelementen in einem Fahrzeug des Jahrgangs 1986 wie in Abbildung 2.7b bereits eine grenzwertige Anzahl bezüglich des Platzes unter Einhaltung ergonomischer Regeln erreicht. Die Integration neuer Funktionalität scheitert an dem zur Verfügung stehenden Platz, die klassischen, schalterorientierten Konzepte haben ihre Grenze erreicht. Zusätzlich fordert ein Teil der neuen Funktionalität innovative Anzeige- und Bedienmöglichkeiten, z.B. ein Display in angemessener Größe für die Anzeige einer Straßenkarte in der Navigation.

Resultat ist der Paradigmenwechsel zu einem integrierten Anzeige-Bedien-Konzept, das über ein zentrales Display ein hierarchisches, listenbasiertes Menü anbietet, welches mittels eines multifunktionalen Controllers gesteuert wird, siehe Abbildung 2.7c.

Aktuelle Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Integration erfolgreicher Bedienkonzepte aus anderen computerbasierten Domänen, einer benutzerzentrierten Bedienung sowie der Realisierung multimodaler Bedientechnologien, siehe Abschnitt 2.3.8.

2.3.2. Benutzerprofil

Die Benutzergruppe automotiv integrierter Systeme ist extrem heterogen hinsichtlich Demographie, schulischer und technischer Vorbildung sowie des kulturellen Hintergrunds. Die Identifikation gemeinsamer Eigenschaften muss demnach auf einem allgemeinen Niveau stattfinden. Eine Eigenschaft, die bei allen Benutzern vorausgesetzt werden kann, ist ein gesetzlich vorgeschriebenes Mindestmaß an funktionierender Wahrnehmung. Eine Anforderung, die von den Anwendern erfüllt werden muss, ist der Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis. Diese setzt eine gewisse Allgemeinbildung wie beispielsweise die Beherrschung von Lesen und Schreiben sowie ein länderspezifisches Mindestalter voraus. Des Weiteren sind die Regeln des Straßenverkehrs bekannt, wobei auch hier internationale Unterschiede existieren.

2.3.3. Aufgaben

Im automotiven Kontext kann die Art der Aufgabe und somit auch des unterstützenden Systems abhängig von ihrem Bezug zur Fahraufgabe in drei verschiedene Klassen eingeteilt werden: *primäre*, *sekundäre* und *tertiäre* Systeme [78, 164]. Abbildung 2.8 illustriert an dem Beispiel eines BMW 7ers, Baujahr 2001, die Anordnung der Funktionsbereiche in physikalisch getrennte Areale abhängig von ihrer Priorität und damit ihrer Erreichbarkeit.



Abbildung 2.8: Räumliche Aufteilung des Cockpits eines BMW 7ers, Baujahr 2001, in separate Bereiche für primäre, sekundäre und tertiäre Funktionen [164].

Primäre Funktionen - Steuerung des Fahrzeugs Die Fahrzeugführung lässt sich nach Bernotat [34] in drei hierarchische Ebenen einteilen:

- Die *Stabilisierung* stellt die unterste Ebene dar und bündelt Handlungen, die zur Querführung notwendig sind.

- Mit *Manövrierung* wird die mittlere Ebene bezeichnet, die alle Aktionen bezüglich der Geschwindigkeitsregelung, der Straßenverkehrsordnung und der Einordnung in den Verkehrsfluss umfasst.
- Die *Navigation* beschreibt auf der obersten Ebene alle Aspekte zur Zeit- und Wegplanung.

Jede dieser Ebenen stellt kognitive und motorische Anforderungen an den Fahrer, die abhängig von der Ebene automatisiert ausgeführt werden können. Als direkt erreichbare Bedienelemente haben sich Pedalerie und Lenkrad als Standards zur Eingabe bei primären Fahrfunktionen durchgesetzt und geben über kinästhetische sowie haptische Reize und über Anzeigen direkte Rückmeldung an den Fahrer.

Sekundäre Funktionen - Erhöhung der Sicherheit Sekundäre Funktionen sind vorgeschriebene Aufgaben zur Steigerung der Sicherheit bei der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern oder zur Anpassung an die Witterungsverhältnisse, beispielsweise Blinker, Licht und Scheibenwischer. Die Ein- und Ausgabeelemente sind in unmittelbarer Nähe zu den primären Bedienteilen angeordnet.

Tertiäre Funktionen - Steigerung des Komfort Tertiäre Funktionen adressieren letztlich die Erhöhung des Komforts und stehen in keinem Zusammenhang mit der Fahraufgabe. Daher sind die Bedienelemente in einer bequemen, aber von den primären und sekundären Bedienteilen deutlich unterscheidbaren Distanz erreichbar. Tertiäre Aufgaben können im Gegensatz zu primären und sekundären auch vom Beifahrer erledigt werden.

2.3.4. FAS und FIS - Computerbasierte Interaktionssysteme

Es werden nach [164] zwei Klassen von rechnergestützten, interaktiven Systemen im Automobil abhängig von ihrem Zweck unterschieden.

Fahrerassistenzsysteme (FAS): FAS erhöhen aktiv die Fahrsicherheit, unterstützen den Fahrer bei der Fahrzeugsteuerung und adressieren jeweils eine der hierarchischen Ebenen nach Bernotat [34]. Zusätzlich wird der Komfort erhöht, da sich der Fahrer um bestimmte Aspekte der Fahraufgabe nicht mehr selbst kümmern muss. Ein bekanntes Beispiel ist das *Active Cruise Control*, das selbstständig die Längsführung und Abstandshaltung bei voreingestellter Geschwindigkeit übernimmt [36].

Fahrerinformationssysteme (FIS): FIS adressieren den tertiären Sektor und regeln die Komfort- und Informationsbedürfnisse. Die Aufgaben können in die Kategorien *Navigation*, *Entertainment*, *Kommunikation*, *Klimatisierung* und *Informationen über das*

Fahrzeug eingeteilt werden [90]. Das Radiomenü fällt beispielsweise in die Kategorie des Entertainment.

2.3.5. Anforderungen an FIS

Für die automobilen Umgebung können die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit nach Nielsen [115] siehe Kapitel 2.1.1 angewendet werden, die an die besondere Situation der gleichzeitigen Ausführung einer sicherheitsrelevanten Primäraufgabe angepasst, priorisiert und erweitert werden. Es gelten vor allem Standards und Richtlinien beispielsweise die *ISO Normen 15005* und *15008* [62, 64] sowie gemeinsame Absichtserklärungen wie die *Automotive Association Manufacturers Guidelines, AAM* [66] als auch Empfehlungen wie die *European Statement of Principles, ESOP* [70].

- Die Fahraufgabe beansprucht die visuelle Aufmerksamkeit, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Dadurch stellt die visuelle *Unterbrechbarkeit* von Interaktionen mit FIS [66] eine wichtige Anforderung dar. Eine Bedienung muss durch kurze, unterbrochene Aktionen und Blicksequenzen durchgeführt werden können. Es wird verlangt, dass 85% der Blicke, die zum Erledigen einer Aufgabe benötigt werden, unter 2 Sekunden [?, ?] bzw. durchschnittlich unter 1,5 Sekunden liegen.
- Zusätzlich soll das System eine *minimal ablenkende Wirkung* haben, damit jederzeit die maximale kognitive Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe gerichtet ist.
- *Effizienz* spielt eine wichtige, aber der visuellen Unterbrechbarkeit untergeordnete Rolle. In [66] wird festgelegt, dass das Ausführen einer Nebentätigkeit insgesamt nicht mehr als 20 Sekunden betragen darf.
- Durch die Benutzergruppe, die hinsichtlich Demographie, Kultur und Bildung extrem heterogen ist, spielt *intuitive Erlernbarkeit* ebenfalls eine zentrale Rolle.
- Eine Anforderung, die immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist *Akzeptanz, emotionale Anziehung* und *Vergnügen* an der Interaktion.

In letzter Zeit konnte die Relevanz von sicherheitsrelevanten Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit menübasierter FIS gezeigt werden. Mittlerweile hat sich die Benutzung eines listenbasierten Menüs durch ein multifunktionales, zentrales Bedienelement bei vielen Herstellern [21, 38, 109] etabliert.

Diverse Gremien [70, 66] haben Gestaltungsrichtlinien entwickelt, die eine adäquate und sichere Benutzung computerbasierter Menüsysteme während der Ausführung der Fahraufgabe ermöglichen. Bewegtbilder und kontinuierliche Animationen wie Laufschriften werden beispielsweise als störend und ablenkend eingestuft. Bewegungen ziehen die visuelle Aufmerksamkeit an [83]. Derartige Bewegungen sollen nach Möglichkeit pauschal vermieden werden. Viele Aspekte werden jedoch nicht differenziert betrachtet,

beispielsweise Dauer oder Initiierung der Animation. In dieser Arbeit wird beispielsweise untersucht, ob benutzerinitiierte Animationen von der Fahrt ablenken, siehe Kapitel 7.2.

2.3.6. Überblick über kommerzielle FIS

Der Transfer von menübasierten Dialogsystemen aus der Computerdomäne in eine automotiv Umgebung unter der Berücksichtigung der dort vorliegenden strengeren Anforderungen, war erfolgreich, wie neuere FIS zeigen. Beispiele sind *BMW iDrive* [38, 189], *AUDI MMI* [21] und *Mercedes COMMAND* [109]. Die Produkte der europäischen Automobilhersteller weisen ein ähnliches Schema auf: Präsentation einer listenbasierten Dialogstruktur auf einem mittig im Armaturenbrett platzierten Display in dem mithilfe eines multifunktionalen, zentralen Bedienelements, im Folgenden auch als ZBE bezeichnet, navigiert wird. Abhängig von den Herstellern, variiert die Anzahl der zusätzlichen Knöpfe von einem [38] bis zu 15 [21]. Im Folgenden werden die aktuellen Produkte sowie ihre Besonderheiten in der Reihenfolge ihrer Markteinführung vorgestellt:

2.3.6.1. BMW iDrive



(a) *iDrive Controller* mit zusätzlicher Menütaste.



(b) *iDrive Anzeige*.

Abbildung 2.9: Bedienelement und Anzeige des *BMW iDrive* im *5er BMW, 2003* [180].

Im November 2001 führte BMW als erster Automobilhersteller mit dem Anzeige-Bedienkonzept *iDrive* ein integrierendes FIS ein. Die Anzahl der klassischen Bedienelemente wurde auf einen multifunktionalen *Controller* reduziert, der in acht Richtungen geschoben, gedreht und gedrückt werden kann, siehe Abbildung 2.9a. Dieser minimalistische Ansatz wurde später um eine Hauptmenütaste erweitert und die Schieberichtungen in der *5er Reihe* auf vier vermindert.

Die Zusammenfassung der Funktionen im Fall der *5er Reihe* führte zu fünf Hauptfunktionsgruppen: *Navigation*, *Entertainment*, *Kommunikation*, *Einstellungen* und *Klima*, die streng hierarchisch und listenbasiert als Menü, siehe Abbildung 2.9b, strukturiert werden. Dabei wird der Wechsel zwischen Menüebenen per Schieben und innerhalb einer Menüebene per Drehen ausgelöst. Eine Ausnahme stellt das Einstellungs-menü dar, das

2. Theoretische Grundlagen

nicht über Schieben in der Hauptmenüansicht angewählt wird, sondern über Drücken des Controllers. Das Auswählen eines beliebigen Menüpunkts findet generell durch Drücken des Controllers statt.

2.3.6.2. Audi MMI

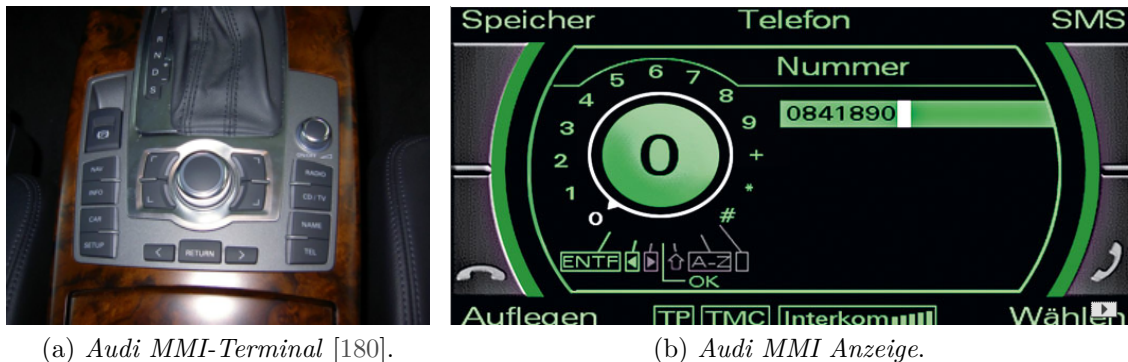


Abbildung 2.10: Bedienelement und Anzeige des *Audi MMI* [21].

Das *Audi Multi Media Interface* [21] wurde im Herbst 2002 im *Audi A8* vorgestellt. Im Gegensatz zu BMW besteht die Bedieneinheit, dem audispezifischen *MMI-Terminal* in Abbildung 2.10a, aus mehreren Bedienteilen: einem primären Bedienelement, Tasten zur direkten Anwahl des Menüs, vier um das primäre Bedienelement angeordnete Softkeys und Tasten zur Steuerung der Menüstruktur.

Es existieren vier Hauptfunktionsgruppen: *Navigation*, *Entertainment*, *Kommunikation* und *Einstellungen*, wobei letztere die Fahrzeugoptionen und Klimamenu zusammenfasst.

Die Hauptfunktionsgruppen können mithilfe der Hauptmenütasten direkt aktiviert werden, es existiert keine Hauptmenüansicht wie beispielsweise in dem *iDrive* Konzept. Über die vier um den Controller angeordneten Soft Keys werden die Untermenüpunkte in den Ecken der Anzeige wie in der Abbildung 2.10b angesteuert. Die Funktionen innerhalb der Hauptinteraktionsfläche können mit dem multifunktionalen Controller über Drehen an- und durch Drücken ausgewählt werden. Ein Schieben des ZBEs ist im Gegensatz zum *iDrive* nicht umgesetzt.

2.3.6.3. Mercedes COMAND

Mercedes zog 2005 nach und präsentierte das integrierte Anzeige-Bedien-Konzept *COMAND* [109] aus Abbildung 2.11. Das zentrale Bedienelement kann in zwei Richtungen - nach links und rechts - geschoben, gedreht und gedrückt werden.

Die Funktionalität wird in die Hauptgruppen *Navigation*, *Audio*, *Telefon*, *Video* und *Fahrzeug* klassifiziert und streng hierarchisch organisiert.



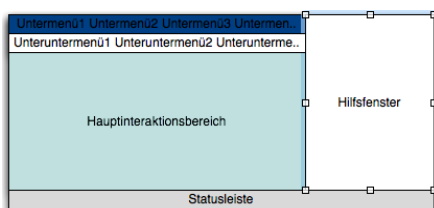
(a) COMAND Controller.



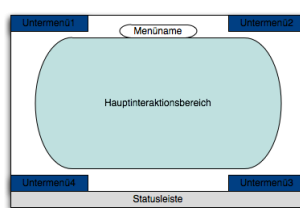
(b) COMAND Anzeige.

Abbildung 2.11: Bedienelement und Anzeige des Mercedes COMAND des Mercedes S-Klasse [109].

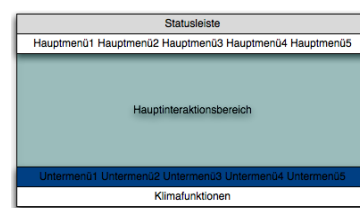
2.3.6.4. Vergleich der graphischen Bedienoberflächen



(a) BMW 5er, 2003.



(b) Audi A8, 2002.



(c) COMAND, 2005.

Abbildung 2.12: Organisation der graphischen Bedienoberfläche von FIS der Luxusklasse.

Ein Vergleich der graphischen Oberflächen der vorgestellten FIS zeigt, dass alle Interaktionskonzepte über eine *Statuszeile*, einen *Hauptinteraktionsbereich* und ein Anzeige der *Untermenüpunkte* verfügen. Die Statuszeile gibt Zustandsinformationen über die wichtigsten Funktionalitäten an. Im Hauptinteraktionsbereich wird die aktuelle Funktionalität wie beispielsweise die Senderauswahl des Radiomenüs oder die Zieleingabe der Navigation dargestellt. Zudem werden die Untermenüpunkte des betreffenden Hauptmenüs angeboten.

Alle analysierten Anzeige Konzepte verfügen über eine textbasierte Darstellung der Menüpunkte. Bildhafte Darstellungen werden lediglich zur Anzeige der Funktionalität selbst, wie beispielsweise der Navigationskarte oder einer Wählscheibe des Telefons, eingesetzt.

Jedes Konzept zeichnet sich durch individuelle Anzeigeelemente, wie beispielsweise durch das Hilfsfenster bei BMW oder das Klimastatusmenü bei Mercedes, aus.

2.3.6.5. Touchbasierte FIS

Diverse Fabrikate bieten die Funktionalität ihrer FIS über einen Touchscreen an. In diesen Konzepten stellt die Platzierung des Bildschirms eine Herausforderung dar. Es muss sowohl eine gute Ableseposition als auch eine adäquate Bedienposition im Idealfall ohne Ablösen der Schulter von der Rückenlehne des Sitz gefunden werden.

Toyota bietet in dem Lexus ein hybrides Konzept bestehend aus Menütasten mittels derer ähnlich zum Audi direkt in das jeweilige Hauptmenü gesprungen werden kann. Die Darstellung der Untermenüpunkte ist listen- bzw. matrixbasiert.

Nachrüstsysteme, wie beispielsweise das TomTom bieten ihre Funktionalität ebenfalls über eine matrixbasierte Struktur an [163].

Die Touchlösungen werden insbesondere von Anfängern als leichte Art der Interaktion eingestuft. Inwieweit der Touchscreen den Anforderungen an die Unterbrechbarkeit und Blindbedienbarkeit erfüllt, ist noch zu klären.

2.3.7. Probleme von und Herausforderungen an FIS

Zwar erfüllen die genannten Systeme die gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen, aber es existieren Probleme in der Bedienung. Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurde eine systematische Analyse der bestehenden Systeme durchgeführt sowie verschiedene Tests der FIS und Artikel über FIS in Automobilzeitschriften untersucht:

- Der *streng hierarchische Aufbau* führt zu langen Bedienwegen, da keine Vernetzungsstrukturen existieren und bei der Navigation zu einer Funktion in einem anderen Untermenü mindestens der Weg über den nächsten gemeinsamen Elternknoten genommen werden muss.
- Durch die *textbasierte Matrixstruktur* wird dem Nutzer keine bildhafte Darstellungen angeboten, die er zur Wiedererkennung und Orientierung als Hilfestellung heranziehen kann.
- Der Benutzer muss sich nicht nur ein mentales Modell über die Anzeige und Dialogstruktur zurechtlegen, sondern zusätzlich die Funktionsweise des Controllers verinnerlichen und das *Mapping des Controllers auf die Dialogstruktur* im Kopf haben. Das führt zu einer verlängerten Lernphase und einer hohen kognitiven Last während des Fahrens.
- *Texteingabe* wird über die alphabetische Darstellung von Buchstaben verbunden mit einer intelligenten Worterkennung realisiert. Das Drehen durch die Buchstaben ist aber eine langwierige Angelegenheit. Derartige alphanumerische Eingaben sind in interaktiven Systemen aus anderen Domänen nicht gebräuchlich.
- In FIS werden Autofahrern bis zu 700 Funktionen [114] angeboten. Jeder Nutzer hat Funktionen, die er oft, nach dem Parteo-Prinzip ca. 20 %, bzw. selten, ca.

80%, nutzt [157]. Die Funktionalität unterscheidet sich von Nutzer zu Nutzer. Es fehlen *Individualisierungsmöglichkeiten*, die einen Schnellzugriff auf oft genutzte Funktionalität ermöglichen.

- Der Nutzer muss sich innerhalb einer Bedienaktion und somit eines Blicks *schnell orientieren, den aktuellen Zustand und den Ort des Fokus wieder erkennen*, damit das Maximum der Blickdauer für die Interaktion genutzt werden kann. Der durchschnittliche Blick bei der Bedienung eines FIS sollte unter 1,5 Sekunden liegen, siehe Abschnitt 2.3.5. Die momentane Realisierung gibt beispielsweise mittels eines orangen Fokusrahmens [38] oder einer anderen Schriftfarbe [21], um den aktuellen Menüpunkt Hinweise auf den aktuellen Menüzustand. Die textuell dominante Darstellung erschwert die schnelle Wiederaufnahme der Interaktion.
- Die Zunahme der Leistungsfähigkeit von Speichermedien mobiler Endgeräte sowie die Erwartungshaltung einer Informationsgesellschaft führt dazu, dass der *Umgang mit großen Datenmengen* an Bedeutung gewinnt, die der Benutzer während der Fahrt nutzen möchte. In diese Kategorie fallen beispielsweise Musikdaten oder Informationen zum geplanten Zielort. Eine Einbettung großer Datenmengen in die hierarchische Menüstruktur hat eine Verbreiterung dieser sowie eine Mehrung der Auswahlelemente zur Folge. Dies wirkt sich negativ auf die Bedienzeiten aus [132].

2.3.8. Forschungsarbeiten zur Informationspräsentation in FIS

Es existiert eine Reihe von Forschungsarbeiten, die sich einerseits mit der Verbesserung von FIS, andererseits mit neuen Anforderungen an FIS beschäftigen. Im Kontext des Forschungsbereichs um FIS stehen meist Themen, wie Multimodalität durch die Ausnutzung mehrerer Eingabekanäle, z.B. Gestik [7], Spracheingabe [8] oder Untersuchung eines geeigneten Anzeigeorts unter minimaler Ablenkung von der Fahraufgabe im Vordergrund. Die Untersuchung alternativer Präsentationsformen zu listenbasierten Menüstrukturen wird dagegen wenig vorangetrieben.

Eine Untersuchung der Breite und Tiefe von Menüstrukturen ergibt, dass möglichst flache Hierarchien von Vorteil sind, solange die Breite eine Grenze von etwa sieben Menüeinträgen nicht übersteigt [132]. [2] zeigt das Potential vernetzter Menüstrukturen, die durch die Integration eines Bookmarkmenüs, eines Einstellungsmenüs und einer anwählbaren Statusleiste Menüpunkte miteinander verknüpfen. In der Diplomarbeit von Bruno Ratkovic [130] wird die Erweiterung eines FIS, um ein Parallelmenü, eine Modalitätenempfehlung und ein Kontextmenü untersucht.

In [127] werden systematisch Gestaltungsvarianten zur Fragestellung hinsichtlich Kompatibilität von Anzeige und Bedienung untersucht und zeigt die Wichtigkeit einer hohen Kompatibilität auf. Eine weitere Forschungsarbeit befasst sich mit dreidimensionalen, bildhaften Darstellung für FIS. In [9] wird eine dreidimensionale Menüstruktur entworfen, bei der die Hauptinteraktionsfläche als Walze dargestellt wird. Verschiedene geome-

trische Grundelemente dienen als Scrollpfeile, die Rückseite zur Anzeige kontextbezogener Information und Würfel als Hauptmenüleiste. Eine Benutzerstudie konnte keine Steigerung der Gebrauchstauglichkeit nachweisen, aber eine deutlich höhere subjektive Zufriedenheit bei der dreidimensionalen Darstellung.

2.3.9. Fazit

Dieser Abschnitt hat gezeigt, dass mit der Einführung computerbasierter FIS eine Technologie, die erst seit Beginn der 80er Jahre Eingang in einen allgemeinen Umgang gefunden hat, in eine vergleichsweise traditionsreiche Domäne eingeführt wurde. Das bedeutet, dass diese beiden Bereiche auf einander abgestimmt werden müssen. Der schnelllebige und sich rasant wandelnde Bereich der digitalen Systeme muss an eine Technologie angepasst werden, die vergleichsweise lange Lebens- und Entwicklungszyklen aufweist.

Die aktuell verbauten Fahrerinformationssysteme zeigen hohe Ähnlichkeiten zu den Ende der 70er Jahre üblichen Fullscreen-Menüsystemen. Als nächsten Schritt führte die Computerindustrie direktmanipulative Interaktionmetaphern ein, die eine breite masentaugliche Verwendung ermöglichten. Die Grundidee dieser Metaphern wurde in dem Forschungszweig der benutzerzentrierten Interaktionsoberflächen weiterentwickelt. Als konsequenter Schritt in der Evolution der FIS werden in dieser Arbeit benutzerzentrierte Interaktionmetaphern auf ihre Tauglichkeit innerhalb automotiver Umgebungen und somit während einer dominanten Primäraufgabe entwickelt und untersucht.

2.4. Metaphernbasierte, graphische 3D Interaktionssysteme

Wie in Abschnitt 2.1.3 beschrieben, hat die Desktopmetapher in Verbindung mit direkter Manipulation einem breiten Benutzerspektrum den Zugang zu rechnergestützten Anwendungen geöffnet. Die zweidimensionale Darstellung auf dem PC ist dennoch eine eher unnatürliche, abstrakte Darstellung für den in einer dreidimensionalen, physikalischen Welt lebenden Benutzer. Neben der Mensch-Maschine-Interaktion hat sich der Forschungszweig der Computer Graphik entwickelt, der unter anderem erforscht dreidimensionale Szenen möglichst realitätsgetreu darzustellen. Eine Verbindung der beiden Forschungsthematiken graphischer Interaktionsmetaphern und 3D Computergraphik führt zu dreidimensionalen Interaktionskonzepten. Diese eröffnen neue Möglichkeiten einer benutzeradequaten Bedienung, die einen engen Bezug zu den Gegebenheiten der realen Welt haben. Abbildung 2.13 zeigt die Entwicklung dieser Thematik.

2.4.1. Techniken zur Anzeige von 3D

Dreidimensionalität kann digital auf unterschiedliche Arten erzeugt werden:

- Bei der Projektion dreidimensionaler Strukturen auf eine Fläche, beispielsweise auf ein monokular statisches Display, spricht man strenggenommen von *2,5D Techni-*

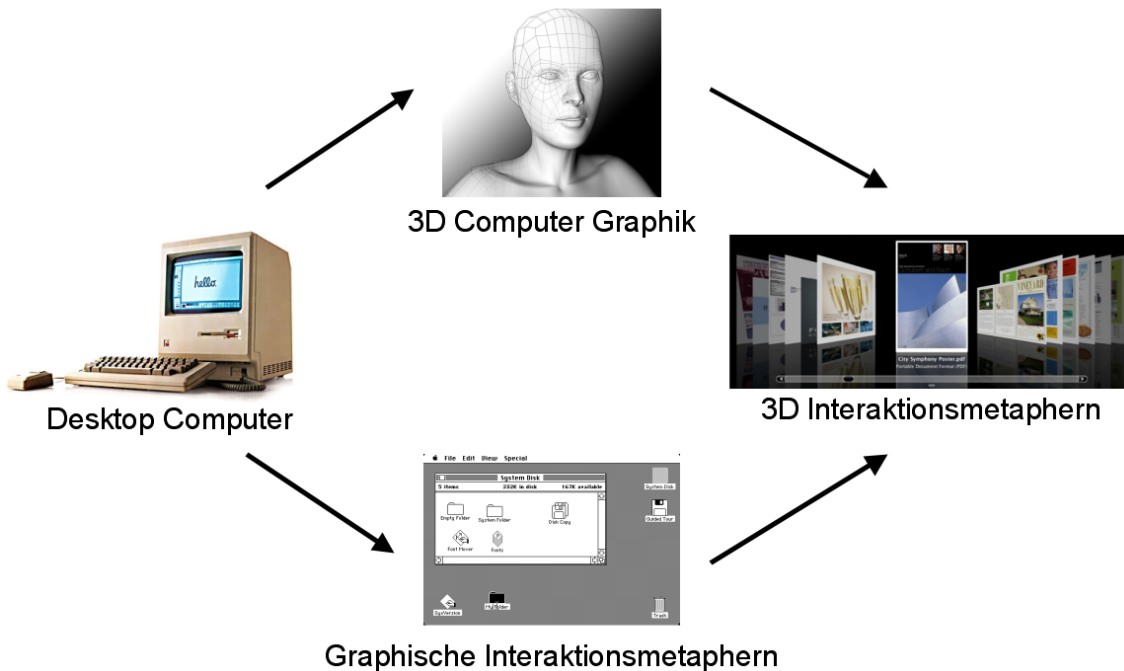


Abbildung 2.13: Entwicklung von 3D Interaktionsmetaphern aus 3D Computergraphik und graphischen Interaktionsmetaphern am PC, Einzelbilder aus [16, 177, 178, 183]

ken. Es werden unter Beachtung der Kriterien der monokularen Tiefenwahrnehmung [83] auf einem Bildschirm Strukturen erzeugt, die vom Benutzer als dreidimensional wahrgenommen werden.

- Trägt der Benutzer ein Head-Mounted Display und bekommt eine künstliche Welt präsentiert, in der er sich bewegen und mithilfe von verschiedenen Geräten, beispielsweise einem Datenhandschuh, Elemente dieser Welt manipulieren kann, spricht man von *virtueller Realität*. Es wird eine monokular stereoskopische Tiefenwahrnehmung ermöglicht.
- Die *erweiterte Realität* entsteht durch die Projektion dreidimensionaler Strukturen und Elemente in die Realität. Das Zusammenführen von virtueller und realer Welt führt zu einer Menge technischer aber auch benutzungsrelevanter Herausforderungen. In diesem Fall wird eine monokular stereoskopische Tiefenwahrnehmung von virtuellen Objekten in einer realen Umgebung realisiert.

Virtuelle und erweiterte Realität benutzen für die Eingabe und Ausgabe grundlegend andere Geräte im Vergleich zu desktopbasierten Systemen. Zur Ausgabe kommen neben den verschiedensten Displayarten, z.B. Head-Mounted Displays, hemispherischen Displays oder Head Up Displays, auch auditive, z.B. Kopfhörer, 3D Klang, und haptische, z.B. Aktuatoren am Datenhandschuh, Ausgabegeräte zum Einsatz.

2.4.2. Dreidimensionale Interaktionsmetaphern in Desktopumgebungen

Pionierarbeiten in der Entwicklung von 2,5D Konzepten in monokular statischen Desktopumgebungen stellen die Untersuchungen und die Umsetzung netzwerkartiger Graphen in 3D von Fairchild [102] von 1988 dar. Deren Ziel war die Visualisierung der Beziehungen und die kompakte Darstellung der Struktur.

Robertson und Card reicherten als erste dreidimensionale Darstellungen mit interaktiven Animationen an. Mit dem *Information Visualizer* [49], wurde der Versuch unternommen, Anwendungen auf die räumlich-kognitiven Fähigkeiten des Menschen anzupassen. Es wird eine Architektur realisiert, die Visualisierungsarten für verschiedene Strukturen zur Verfügung stellt.

Auf dieser Basis ist eine Vielzahl von Anwendungen beispielsweise bei *Xerox Parc* und bei *Microsoft Research* entstanden. In Abbildung 2.14 ist eine Auswahl der Arbeiten abgebildet.

Die Visualisierung der *Cone Trees* [139] zielt darauf ab, eine hierarchische Struktur, beispielsweise ein Dateisystem, darzustellen und den verfügbaren Platz effektiv zu nutzen. Dabei stellen Karten die Knoten dar, wobei jeder Knoten der kein Blatt ist, die Spitze eines Kegels darstellt, an dessen anderem Ende die Kindnoten angeordnet sind.

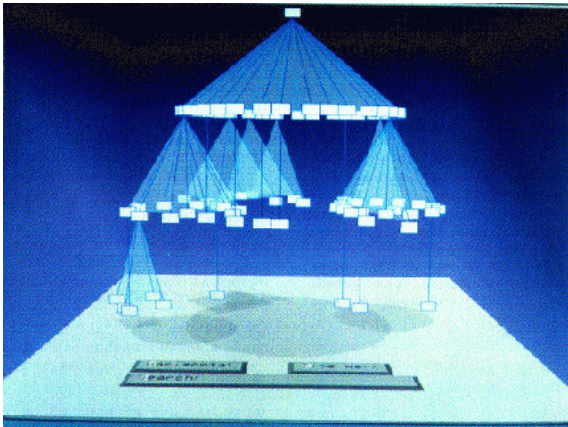
Die *Perspective Wall* [104] faltet zweidimensionale Layouts in eine dreidimensionale Darstellung, die eine Wandmetapher umsetzt. Diese besteht aus einer zentralen Tafel zur Darstellung von Details und zwei seitliche perspektivische Tafeln, die Kontextinformationen beinhalten.

Das *WebBook* [50] stellt dem Benutzer eine Möglichkeit zur Verfügung, zusammengehörige Webpages zu gruppieren und als Einheit zu manipulieren. Der *WebForager* ist eine Sammlung von Objekten unter anderem Instanzen des WebBooks und bildet den gesamten Arbeitsbereich ab.

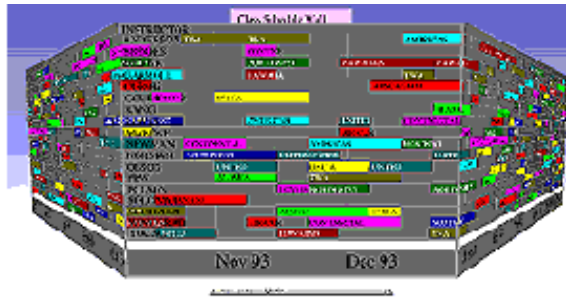
Der *Data Mountain* [137] zielt auf das Management einer großen Anzahl von Dokumenten. Die Benutzer arrangieren Dokumente auf einer gekippten Ebene in einer dreidimensionalen Desktopumgebung. Das räumliche Erinnerungsvermögen spielt in diesem System eine große Rolle und wird durch diverse Features wie beispielsweise Landmarken und persönliches Arrangement des Benutzers unterstützt. Der Vorteil des Systems gegenüber einer herkömmlichen zweidimensionalen Darstellung, in diesem Fall des Internet Explorers, konnte durch eine Verbesserung der Effektivität, Fehlerrate und Präferenz in einem Benutzertest gezeigt werden.

Die *Task Gallery* [138], eine weitere Arbeit aus dem Labor von Microsoft Research, ist die Implementierung eines *Window Managers*, der als zugrunde liegende Metapher eine Kunstgalerie hat. Die offenen Fenster des Benutzers hängen wie Kunstwerke an den Wänden, aktive Fenster werden an der Stirnwand präsentiert.

Über diese Pionierarbeiten hinaus existiert eine Vielzahl weiterer Konzepte, die auf den Ergebnissen der vorgestellten Ansätze aufsetzen. Das Kapitel 4 geht im Zusammenhang mit der Analyse auf die Folgearbeiten ein.



(a) Cone Tree [139]



(b) Perspektive Wall [104]



(c) WebBook [50]



(d) Data Mountain [137]



(e) TaskGallery [138]

Abbildung 2.14: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Optionen in dem dreidimensionalen System 3D iFlip.

2.4.3. Informationsvisualisierung

Overview, zoom and filter, details on demand, Ben Shneiderman

Die grundsätzliche Aufgabe der Informationsvisualisierung ist, Anwender zu unterstützen Informationen aus Daten zu gewinnen. Informationsvisualisierung ist die visuelle, bildhafte Präsentation von abstrakten und/oder großen Informationsräumen und -strukturen, um deren schnelles Verstehen und Vergleichen zu ermöglichen. Ziel ist, dass der Nutzer ein mentales Modell über die Daten formen kann [156], wie in Abbildung 2.15 dargestellt. Die Informationsvisualisierung ist ein umfangreiches Forschungsgebiet, dass die vorliegende Arbeit lediglich ausschnittsweise betrachtet. Weiterführende Literatur ist beispielsweise [51, 147, 156, 167].

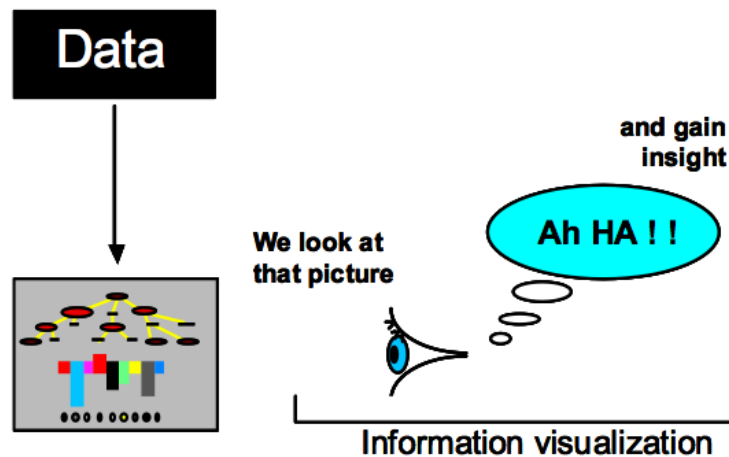


Abbildung 2.15: Prozess der Informationsvisualisierung, bei der graphisch aufbereitete Daten dem Anwender ermöglichen ein mentales Modell über die Daten zu formen [156]

Wie im Abschnitt 2.2.2 beschrieben, haben Menschen ausgeprägte visuelle Wahrnehmungsfähigkeiten. Zum einen können sie Bilder schnell erfassen, erkennen und sich an diese erinnern. Zum anderen werden Muster und Änderungen in Größe, Farbe, Form, Bewegung oder Textur rapide und vor allem automatisch erkannt. Damit wird die kognitive Belastung des Menschen gegenüber der Wahrnehmung und Interpretation von textbasierten Interfaces reduziert. Die Informationsvisualisierung veranschaulicht bei Datenmengen beispielsweise einen Überblick, Details, multiple Attribute und eine Filterung.

Abhängig von der Art der Daten werden unterschiedliche Techniken zur Repräsentation der Abhängigkeiten und Beziehungen innerhalb der Daten verwendet. Eine einfache Möglichkeit Daten miteinander in Beziehung zu setzen, ist sie mit einer Linie zu verbinden. Es entstehen netzartige Strukturen, deren Lesbarkeit abhängig von ihrer räumlichen Anordnung ist. Diagramme zeigen mehrdimensionale Verknüpfungen zwischen Datenelementen an. Beispiele dafür sind Venndiagramme, der InfoCrystal und Cluster Maps

[156]. Hierarchische Beziehungen werden durch Baumstrukturen dargestellt. Beispiele sind Cone Trees, Treemaps und Hyperbolic Browser.

Zur Erleichterung der Lesbarkeit können die Repräsentationen mit Präsentationsformen verknüpft werden. Es existieren Limitierungen in Raum und Zeit, die es verhindern, dass alle Daten gleichzeitig dargestellt werden können. Abschnitt 4.2.2 beschäftigt sich mit Strategien, die eine Detailansicht mit einem Überblick verknüpfen, um das Problem mit dem beschränkten Platz zu lösen.

Die Analyse in Kapitel 4 befasst sich mit Landkarten als Metaphernvorlage. Einige Konzepte der Informationsvisualisierung, die kartographische Repräsentationen nutzen, werden in Abschnitt 4.5.1 vorgestellt.

2.4.4. Metaphern

Der Begriff *Metapher* stammt aus dem griechischen und bedeutet Übertragung, Transfer [57]. Ihre bekannteste Form ist ihre Bedeutung als rhetorische Figur, die der Verdeutlichung und der Veranschaulichung dient. Dabei wird ein Ausdruck aus seinem ursprünglichen Zusammenhang genommen und in einem anderen, meist bildhaften, verwendet. Man spricht auch von einer Bedeutungsübertragung. Meistens werden Metaphern im sprachlichen Gebrauch benutzt, um Gegenstände und Sachverhalte zu erfassen, die dem begrifflichen Vermögen des Menschen ferner liegen [57].

In der Mensch-Maschine-Interaktion werden Metaphern eingesetzt, um das System für Menschen einfacher nutzbar zu machen. Schon in den ersten kommandobasierten Interaktionssystemen wurden Metaphern wie Ordnersysteme benutzt, mit denen Dateien angelegt, gelöscht oder dupliziert werden konnten, als wären es physikalische Objekte [115].

Durch graphische Benutzeroberflächen wurde die Metapher noch offensichtlicher. Die erste graphische Desktopmetapher wurde bei Xerox Parc entwickelt und in dem Produkt Apple Lisa zu kommerziellem Erfolg gebracht. Die Anlehnung an ein Büro ermöglichte gerade unerfahrenen Benutzern den Zugang zu dem System ohne vorheriges Erlernen von komplexen Befehlen [58]. Den Benutzern wird mithilfe von bekannten Gegenständen und deren Eigenschaften Unterstützung und Hilfe zum Erlernen des Systems gegeben. Durch die Metapher wird eine Natürlichkeit in dem menschlichen Denken bewahrt, beispielsweise gehören alle Elemente einer Metapher auf natürliche Art und Weise zusammen.

Der Einsatz von Metaphern kann aber auch von Nachteil sein [142], wenn die Metapher nicht sorgfältig durchdacht und gewählt wurde. Eine entscheidende Rolle spielt der Unterschied zwischen der einer Metapher zugrunde liegenden physikalischen Entität und dem zu erklärenden System [79]. Einerseits kann die Metapher Erwartungen wecken, dass das System über alle Attribute der physikalischen Entität verfügt. Andererseits kann die Metapher zu der Annahme führen, dass das unbekannte System keine weiteren Interaktionskonzepte als die der physikalischen Entität hat. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Implementierung des Papierkorbs im Apple Macintosh, bei dem nicht nur Dateien gelöscht werden können, sondern Disketten durch das Ziehen auf den

Papierkorb ausgeworfen werden. Solche Funktionalitäten werden als versteckte Funktionalität bezeichnet. Andererseits ist es nicht zielführend eine eins zu eins Abbildung der physikalischen Entität zu realisieren, denn dann wäre das neue System überflüssig, und es könnte die physikalische Entität selbst benutzt werden. Es wird von der Magie gesprochen, die uns ermöglicht, Aufgaben zu erledigen, die in der realen Welt nicht realisierbar sind [120].

2.4.5. Animationen

Animation can explain what the mind can conceive. Walt Disney

Erste rudimentäre Animationen für Interaktionskonzepte wurden 1984 von Apple Macintosh eingeführt, um Icons zu öffnen und zu schließen. Die Grundidee besteht darin, kontinuierliche, für den Benutzer transparente Übergänge von einem Systemzustand zum nächsten nachvollziehbar zu gestalten [13]. Robertson et. al. beschreiben diesen Effekt folgendermaßen: „Interaktive Animationen geben einen Teil der kognitiven Last der Nutzer an das System ab. Die Wahrnehmung der Objektveränderung ermöglicht dem Anwender grundlegende Beziehungen zu verstehen ohne darüber nachzudenken.“ Seitdem werden Animationen in Interaktionskonzepten erfolgreich eingesetzt. Eine subjektive Präferenz von erklärenden Animationen konnte in Nutzerstudien nachgewiesen werden [139].

Es ist von essentieller Bedeutung, die Animationsdauer sorgfältig zu wählen, damit sie weder zu schnell (der Benutzer muss in der Lage sein, die Animation wahrzunehmen) noch zu langsam ist (der Benutzer ist gelangweilt und frustriert). Die ideale Länge für eine Animation hängt zusätzlich von Faktoren wie Art und Komplexität der Aufgabe und von den Erfahrungen des Benutzers mit System und Daten ab. In Nutzerstudien wurde eine ideale Animationszeit für Desktopumgebungen bei ungefähr einer Sekunde ermittelt [31, 49].

Animationen können in graphischen Oberflächen neben erklärenden Übergängen auch eingesetzt werden, um beispielsweise Wartezeiten zu überbrücken, während das System aktiv ist (z.B. drehende Sanduhr oder schnüffelnder Hund während einer Suchanfrage in Windows XP) oder um den Benutzer zu unterhalten und amüsieren. Abschnitt 4.4.3 enthält eine detaillierte Beschreibung über die Verwendung von Animationen in Interaktionskonzepten.

Das Gebiet der sogenannten *Attentive User Interfaces* versucht die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich zu ziehen. Das Lenken der Aufmerksamkeit wird häufig mithilfe von Animationen gesteuert, da Bewegungen im peripheren Gesichtsfeld im Gegensatz zu Farbe noch sehr gut wahrgenommen werden können [119].

Aber es existieren in verschiedenen Anwendungen auch sinnlose Animationen, die sich im Extremfall negativ auf die Akzeptanz des Benutzers auswirken können. Ein Beispiel ist die adaptive Büroklammer von Microsoft, die sich zu zufälligen Zeitpunkten in ein Fahrrad verwandelt oder versteckt und den Nutzer eher nervt.

Diverse Studien haben verschiedene Aspekte von Animationen in Benutzeroberflächen

untersucht. Gonzalez et. al. haben Transitionseffekte und animierte Bewegungen von Objekten untersucht und festgestellt, dass diese Art der Animationen den Benutzer bei der Lösung von Problemen unterstützen können [84]. Bederson et. al. haben in ihrer Arbeit gezeigt, dass räumliche Positionen von Elementen mithilfe von Animationen besser erlernt werden können, ohne dass sich die Animationszeit (in diesem Fall eine Sekunde) negativ niederschlägt [31]. Allerdings konnten keine Verbesserungen hinsichtlich der Navigationsdurchführung, der Erinnerungsleistung und der Präferenz gezeigt werden. Abschließend lässt sich sagen, dass sich Animationen in kommerziellen Produkten insbesondere den Betriebssystemen des Apple Computers als nicht mehr wegzudenkendes konzeptuelles und designtechnisches Element durchgesetzt haben [13].

2.4.6. Interaktionsformen

Ähnlich zu den Interaktionsformen für computerbasierte Systeme gibt es spezielle Interaktionsparadigmen für die Bedienung dreidimensionaler Systeme [42].

- *Selection und Manipulation* bündeln Teilaufgaben, wie beispielsweise ein Objekt auszuwählen und neu zu positionieren, zu skalieren bzw. zu rotieren. Jede einzelne dieser Teilaufgaben beinhaltet verschiedene Parameterräume, beispielsweise sind für die Selektion Distanz zum Objekt oder die Dichte der Gruppierung der Objekte um das Ziel von Bedeutung.
- *Travel* ist die Bewegung in einer dreidimensionalen Umgebung. Traveling kann die *Exploration*, also das Erkunden der Umgebung ohne ein bestimmtes Ziel sein, die *Suche* eines bestimmten Ziels in der Umgebung oder eine *Manövrierung*, die durch kleine genaue Bewegungen eine Feinjustierung vornimmt. Charakterisiert wird das Travelling beispielsweise durch die Distanz, die zurückgelegt wird oder die Sichtbarkeit des Objekts am Startpunkt. Es existieren diverse Techniken, die sich teilweise aus der realen Welt ableiten, z.B. lenken oder physikalische Fortbewegungen und zu beachtende Aspekte beispielsweise Routenplanung oder Geschwindigkeitsspezifikation. In gewisser Weise ähnelt diese Aufgabe der Ebene des Manövrierens während des Autofahrens.
- *Wayfinding* steht in einem engen Zusammenhang zum Traveling und ist der kognitive Prozess, der eine Route durch die Umgebung definiert. Es werden landmarkenbasiertes (visuelle Charakteristiken der Umgebung), prozedurales (Sequenz von Aktionen) und Überblickswissen (topologische Eigenschaften einer Umgebung) unterschieden. Während der Autofahrt muss eine ähnliche Aufgabe, die Navigationsaufgabe, durchgeführt werden.
- *System Control* stellt die Eingabe von Befehlen dar, die das System auffordern eine bestimmte Funktion auszuführen, den Interaktionsmodus oder den Systemzustand zu ändern. Typische Kontrollwidgets sind aus der Desktopumgebung bereits

bekannt: z.B. Menüs, Radio Buttons, Checkboxes. Diese Art von Interaktion wird ebenfalls für FIS eingesetzt, beispielsweise, um die Routenkriterien bei der Navigation festzulegen.

- *Symbolic Input* beschreibt die Interaktionsform, die alphanumerische Eingaben an das System ermöglicht. Besondere Herausforderungen stellen sich in dieser Thematik vor allem bei Anwendungen in virtueller bzw. erweiterter Realität, bei denen sich der Mensch im Normalfall nicht sitzend vor einem Computersystem befindet. Symbolic Input stellt für FIS ein noch ungelöstes Problem und Gegenstand der aktuellen Forschung dar.

Somit haben einige der Interaktionsformen für dreidimensionale Interaktionskonzepte Ähnlichkeiten zu Aufgaben, die im Auto bzw. während der Fahraufgabe ausgeführt werden. Es ist zu klären inwiefern sich aus diesen Ähnlichkeiten Interferenzen bzw. Verträglichkeiten mit der Fahraufgabe ergeben.

2.4.7. Kognitive Prozesse

Diverse Arbeiten haben gezeigt, dass das räumliche Erinnerungsvermögen in monokular statischen Displaysystemen ähnlich funktioniert wie in der realen Welt. Es ist aber nicht eindeutig geklärt, welche Faktoren bzw. welche Kombination von Faktoren, wie beispielsweise 3D und Animation das räumliche Erinnerungsvermögen unterstützt. Eine der ersten Arbeiten, die räumliches Erinnerungsvermögen in ihren Benutzerstudien beobachteten, wurde von Microsoft Research bei der Evaluierung des Data Mountain durchgeführt [137]. Zwischen den beiden Systemen variierten diverse Faktoren, wie Dimensionalität, Animation, auditive Faktoren und bildhafter Darstellungen. Cockburn et. al. führten diverse Benutzerstudien durch, deren Ergebnis zeigt, dass das räumliche Erinnerungsvermögen nicht allein durch die Benutzung der dritten Dimension gesteigert werden kann [53]. Eine definitive Steigerung des räumlichen Erinnerungsvermögens durch die Kombination aus 3D, Animation und bildhafter Darstellung konnte gegenüber listenartigen Darstellungen eindeutig gezeigt werden.

2.4.8. Attraktivität

Aussagen über eine Steigerung der objektiven Faktoren der Gebrauchstauglichkeit wie Effektivität und Erlernbarkeit von dreidimensionalen Darstellungen gegenüber zweidimensionalen Strukturen variieren stark. Oft können keine eindeutigen Aussagen gemacht werden, ob eine dreidimensionale Anzeige objektiv die Gebrauchstauglichkeit verbessert. Dagegen konnte in Studien eine starke subjektive Bevorzugung der dreidimensionalen Darstellung gezeigt werden [9, 31, 53, 137, 139, 138]. Die Probanden gaben an, dass die Bedienung dreidimensionaler Systeme eindeutig einen höheren Spaßfaktor erzeugt als die Interaktion mit zweidimensionalen Vergleichssystemen.

2.5. Benutzerbasierte, empirische Evaluierung

Interaktionskonzepte, die beispielsweise einer Desktopumgebungen gut funktionieren, lassen sich wegen der veränderten Randbedingungen nicht einfach eins zu eins in einen automotiven Kontext übertragen. Sie müssen auf ihre Kompatibilität mit der Fahraufgabe überprüft werden und notfalls verworfen oder auf die automobilen Anforderungen angepasst werden.

Wie in Kapitel 2.3.4 beschrieben, erfordert die Bedienung eines FIS das gleichzeitige Ausführen zweier Aufgaben: einerseits der primären und sicherheitskritischen Fahraufgabe, andererseits der zweitrangigen Aufgabe zur Verbesserung des Fahrkomforts. Um die Verträglichkeit des FIS mit der Fahraufgabe zu evaluieren, wird eine dem Fahren ähnliche primäre Aufgabe simuliert. Abhängig von der Methode empfindet die Simulation der Fahraufgabe verschiedene Aspekte dieser nach. Um den Einfluss des FIS auf die Fahraufgabe zu messen bzw. umgekehrt, werden abhängig von der Methode die Interaktionsaufgabe und/oder die Simulation der Fahraufgabe zusätzlich isoliert voneinander ausgeführt. Mithilfe dieser Verfahren können objektive Daten, beispielsweise über Bediendauer und Blickabwendungszeiten gewonnen werden. Mit deren Hilfe können Systeme hinsichtlich verschiedener Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit beurteilt werden, d.h. bezüglich Erlernbarkeit, Effizienz und Fehlerrate. Des Weiteren werden subjektive Daten mithilfe von Fragebögen gewonnen, um zum einen Erkenntnisse aus den objektiven Daten zu unterstützen, zum anderen, um subjektive Empfindungen wie Akzeptanz, subjektive Zufriedenheit, Attraktivität und Spaß an der Bedienung zu messen.

2.5.1. Methoden zur Evaluierung von FIS

Im Folgenden werden zuerst verschiedene im Standardisierungsprozess befindliche Methoden zur Evaluation von FIS vorgestellt: die Okklusion, das Blickerfassungssystem DIKABLIS und der Lane Change Task. Im Anschluss werden Messverfahren zur subjektiven Beurteilung von interaktiven Systemen vorgestellt. Alle erläuterten Methoden sind bei der Durchführung der in dieser Arbeit durchgeführten Benutzerstudien zum Einsatz gekommen. Es existieren weitere Verfahren zur Bewertung interaktiver Systeme im Automobil, wie beispielsweise PDT [106], statische oder dynamische Fahrsimulatoren. Da diese Methoden in der vorliegenden Arbeit nicht verwendet wurden, soll lediglich auf weiterführende Literatur verwiesen werden.

2.5.1.1. Okklusionsmethodik - Messung der Unterbrechbarkeit

Die Bedienung tertiärer Funktionen während des Ausübens der Fahraufgabe zeichnet sich dadurch aus, dass sich die visuelle Aufmerksamkeit des Fahrers zwischen der Fahrszene und dem FIS durch kurze, abwechselnde Blicke verteilt. Die Okklusion simuliert das Blickverhalten eines Fahrers, der zwischen der Fahrszene und einem im Cockpit befindlichen Gerätes, das er während des Autofahrens bedient, hin- und herblickt. Zu diesem

Zweck trägt die Probanden eine Brille (siehe Abbildung 2.16), deren Gläsertransparenz elektronisch gesteuert werden kann.



Abbildung 2.16: Bild der Okklusionsbrille

Geschlossene Brillengläser bilden die Hinwendung des Benutzers zur Fahraufgabe ab. Deren Dauer ist durch die Standardisierung auf 1,5 Sek. festgelegt [26]. Dabei darf während des geschlossenen Intervalls, so gut es dem Benutzer möglich ist, weiterbedient werden. Die Länge des Intervalls für die blickdurchlässigen Gläser, also der uneingeschränkten Bedienung, beträgt 1,5 Sek [65]. Zu dem Zeitpunkt der Durchführung eines Teils der Studien der vorliegenden Arbeit war noch die Entwurfsversion [63] gültig, die ein geschlossenes Intervall von 1,5 Sekunden und ein offenes Intervall von 2,0 Sekunden vorschreibt. Die festgelegten Werte für die Dauern des offenen bzw. geschlossenen Intervalls korrespondieren mit den in [70] geforderten mittleren Blickabwendungsdauern bei der Bedienung interaktiver Systeme während der Fahrt.

2.5.1.2. Lane Change Task - Simulation einer dominierenden Primäraufgabe

Der Lane Change Task, im Folgenden als LCT bezeichnet, wurde anfänglich von Daimler Chrysler entwickelt, um mithilfe eines rudimentären Fahrsimulationsprogramms die Qualität des Fahrens zu bewerten [61]. Das System besteht aus der Simulation einer Fahraufgabe, die an einem Tisch aufgebaut wird und aus einem Monitor, einem Spielrad sowie der zugehörigen Pedalerie für Gas und Bremse. Die Fahrsituation wird durch eine dreispurige Autobahn simuliert, bei der in regelmäßigen Abständen Schilder erscheinen, die den Fahrer zu einem unmittelbaren Spurwechsel auf die angezeigte Spur auffordern, siehe Abbildung 2.17.

Eine Analysesoftware zeichnet währenddessen Daten auf, die zur Bestimmung der Präzision des Fahrens und zur Bewertung des gleichzeitig zu bedienenden Systems herangezogen werden. Die Zeit gibt die Dauer der auszuführenden Nebenaufgabe an, die Spurabweichung von der Ideallinie die Präzision des Fahrens, gemessen durch die Spurhaltequalität und die Reaktion des Fahrers auf die Schilder. Abbildung 2.18 zeigt einen Bildschirmabzug der Fahrsimulation des LCT.

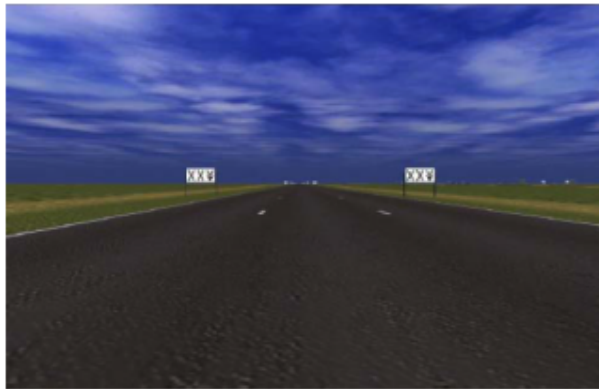


Abbildung 2.17: Bildschirmabzug der Fahraufgabe des LCT. Die weißen Schilder markieren die Spur, auf die der Proband unmittelbar wechseln soll.

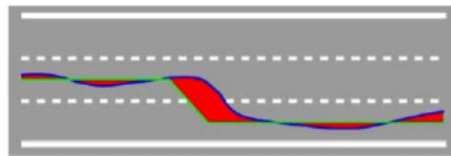


Abbildung 2.18: Abweichung von der Ideallinie. Die grüne Linie visualisiert die Ideallinie, die blaue Linie zeigt die Fahrlinie des Probanden und die rote Fläche zeigt die Differenz dazwischen [108].

2.5.1.3. Das Blickerfassungssystem DIKABLIS - Bestimmung des menschlichen Blickverhaltens

DIKABLIS¹ entstand im Jahr 2005 am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München aus einer Weiterentwicklung des Blickerfassungssystem JANUS, einem Messsystem, das die Blickbewegungen von Versuchspersonen in Echtzeit erfasst. Bei dieser Version des kopfgebundenen Blickerfassungssystem aus Abbildung 2.19 ist kein Kabel zur Verbindung des Systems mit dem zugehörigen Messdatenrechner nötig. Es wird ein flexibles System einsetzbar mit einem weiten Anwendungsspektrum ermöglicht, unter anderem zur Bewertung von FIS und FAS.

Nachdem das Blickverhalten vor allem für Fragen nach der mittleren, maximalen und kumulierten Blickabwendungsdauer bis hin zur Blickhäufigkeit und -frequenz zur Beantwortung des Grads der Ablenkung des Fahrers von der Fahraufgabe eine zentrale Bedeutung spielen, eignen sich Blickerfassungssysteme hervorragend zur Evaluierung von FIS. Details und Einzelheiten zu Funktionsweise, Systemarchitektur und Hardwarekomponenten können in [100] nachgelesen werden.

¹digitales, kabelloses Blickerfassungssystem



Abbildung 2.19: Funktionsprinzip des Blickerfassungssystems DIKABLIS [100]

2.5.2. Methoden zur Erhebung subjektiver Daten

Im Folgenden sollen zwei standardisierte Verfahren vorgestellt werden, die anhand von Befragungen die Gebrauchstauglichkeit durch den SUS und die Attraktivität durch den AttrakDiff von Systemen beurteilen. Beide Verfahren basieren auf Fragebogentechniken und beurteilen gleichzeitig mehrere Dimensionen eines Systems.

2.5.2.1. SUS - Meßverfahren zur Gebrauchstauglichkeit

Der SUS² ist ein einfacher Fragebogen mit zehn Fragen, die auf einer 5 stufigen Likert Skala beantwortet werden. Die subjektive Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit kann dadurch gemessen werden [43]. Als Resultat werden Werte ermittelt, die eine Einschätzung der Aspekte Effektivität, Effizienz und Erlernbarkeit geben. Der Fragebogen und die Gruppierung der Fragen in die drei erwähnten Dimensionen kann aus Abbildung A.3 im Anhang entnommen werden.

2.5.2.2. AttrakDiff - Meßverfahren zur hedonischen Qualität

Die Untersuchungsmethode AttrakDiff [88] ist ein Instrument zur Messung der Attraktivität interaktiver Produkte und basiert auf dem Prinzip des semantischen Differenzials. Es werden gegensätzliche Adjektivpaare dazu eingesetzt, die Wahrnehmung der Bedienoberfläche durch den Benutzer zu messen. Der Fragebogen findet sich in Abbildung A.4 im Anhang. Es werden verschiedene Beurteilungsdimensionen unterschieden:

Pragmatische Qualität beschreibt die Benutzbarkeit und verdeutlicht, wie gut der Nutzer seine Ziele mit Hilfe des Systems erreichen kann (z.B. umständlich-direkt).

Hedonische Qualität - Stimulation stellt dar, inwieweit die Benutzeroberfläche die Weiterentwicklung des Benutzer unterstützt, indem sie neuartige, interessante und anregende

²System Usability Scale

Funktionalitäten, Inhalte, Interaktions- und Präsentationsstile bietet (z.B. phantasieelos-kreativ).

Hedonische Qualität - Identität beschreibt, bis zu welchem Grad sich ein Benutzer mit dem System identifizieren kann (z.B. stillos-stilvoll).

Attraktivität misst die globale Bewertung des Produkts auf Basis der wahrgenommenen Qualität (z.B. abstoßend-anziehend). Dabei sind die pragmatische und hedonische Qualität unabhängig voneinander und tragen etwa gleichstark zum Attraktivitätsurteil bei.

2.5.3. Deskriptive Statistik

Im Folgenden werden die statistischen Grundlagen zusammengefasst, die für die vorliegende Arbeit relevant sind. Als weiterführende Literatur wird auf [23, 41, 46, 72, 129] verwiesen.

Nachdem ein Versuch durchgeführt wurde und die Meßwerte der Kenngrößen erfasst sind, werden die Ergebnisse statistisch ausgewertet, um eine Interpretation der Daten zuzulassen. Dazu werden die Daten aufbereitet und analysiert.

2.5.3.1. Aufbereitung der Daten

Für die Aufbereitung der Daten werden die objektiven Meßdaten und die Antworten der Fragebögen in Tabellen erfasst. Die Okklusionsbrille schreibt die Meßwerte zu der Dauer der geschlossenen beziehungsweise offenen Bedienungsdauer einer Aufgabe in eine Textdatei, die manuell nach Excel übertragen werden muss. Während der Durchführung des LCT wird eine Protokolldatei aufgezeichnet, die durch ein Analyseprogramm in Excel umgewandelt werden kann. Aus dem Blickfassungssystem Janus werden Blickfilme gewonnen, die mittels des Programms Ergoplayer analysiert und in eine Exceltabelle übertragen werden kann. Anschließend werden alle gemessenen Werte in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

Für eine Aufbereitung der Daten werden hinsichtlich der deskriptiven Statistik das arithmetische Mittel, Minimum, Maximum und Standardabweichung bestimmt. Das arithmetische Mittel ist die Summe aller Werte dividiert durch die Anzahl dieser. Minimum und Maximum sind der jeweils kleinste beziehungsweise größte Wert. Die Standardabweichung ist ein Maß zur Kennzeichnung der Variabilität einer Verteilung und ist der positive Wert der Quadratwurzel der Varianz. Die Varianz berechnet sich aus der Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel geteilt durch die Anzahl aller Messwerte.

2.5.3.2. Formulierung und Überprüfung von Hypothesen

Zur Überprüfung von Theorien und zur Beantwortung von Fragestellungen werden zu Beginn einer Evaluierung Hypothesen aufgestellt. Die durch Untersuchung ermittelten Werte werden statistisch analysiert und liefern Aussagen zu den Fragestellungen.

In der Statistik wird zwischen Alternativhypothese (H1) und Nullhypothese (H0) unterschieden. Die Alternativhypothese besagt, dass ein Unterschied zwischen den untersuchten Merkmalen besteht, die Nullhypothese dagegen sieht beide Systeme hinsichtlich der unabhängigen Variable als gleich an. In der vorliegenden Arbeit sind ausschließlich Unterschiede zwischen Systemvarianten Gegenstand des Interesses. Differenzen zwischen Aufgaben oder Gruppen der Stichprobe sind nicht relevant und werden nicht betrachtet. Gerichtete Alternativhypothesen besagen zusätzlich, welches System bevorzugt werden wird, ungerichtete alternativen Hypothesen behaupten lediglich, dass ein Unterschied vorliegt.

Zur Überprüfung der Hypothesen werden Stichproben aus der Population gewählt. Stichproben können abhängig, die gleichen Versuchspersonen werden mehrmals untersucht, oder unabhängig sein. Bei unabhängigen Stichproben werden unterschiedliche Versuchspersonen, die nicht miteinander in Verbindung stehen untersucht. In der vorliegenden Arbeit werden ausschließlich abhängige Stichproben betrachtet.

Basierend auf den Versuchsergebnissen soll von den Ergebnissen der Stichprobe auf allgemeine Aussagen bezüglich der Grundgesamtheit geschlossen werden. Es muss entschieden werden, welche der beiden Hypothesen abgelehnt werden muss und welche als richtig angenommen werden kann. Neben den korrekten Entscheidungen, bei denen aufgrund der Versuchsergebnisse eine richtige Beurteilung getroffen wird, existieren Möglichkeiten für Fehlentscheidungen. Tabelle 2.1 zeigt einen Überblick über alle möglichen Situationen.

		In der Population gilt:	
		H0	H1
Entscheidung aufgrund der Stichprobe zugunsten der	H0	richtige Entscheidung	β -Fehler
	H1	α -Fehler	richtige Entscheidung

Tabelle 2.1: Statistische Entscheidungsmöglichkeiten [41]

Der α -Fehler gibt an, dass die Alternativhypothese angenommen wird, obwohl in der Gesamtpopulation die Nullhypothese gilt. Dagegen wird mit dem β -Fehler die Situation bezeichnet, in der die Alternativhypothese fälschlicherweise verworfen wird und die Nullhypothese als richtig erachtet wird. Die Wahrscheinlichkeit einen α -Fehler zu begehen wird als Irrtumswahrscheinlichkeit bezeichnet. Es wird eine Wahrscheinlichkeit „p“ berechnet, die angibt mit welcher Wahrscheinlichkeit, die in dem Versuch ermittelten Daten der Situation in der Gesamtpopulation entsprechen. Falls der p-Wert unter der Irrtumswahrscheinlichkeit liegt, kann ein Ergebnis als „signifikant“ bezeichnet werden. In der vorliegenden Arbeit wird das 5%-Niveau als Signifikanzkriterium festgelegt. Liegt

der p-Wert unter 0.05, kann das Ergebnis als signifikant bezeichnet werden. Der β -Fehler kann dagegen nicht durch eine einfache Grenze definiert werden. Nach [46, 129] kann der β -Fehler mithilfe des α -Fehlers abgeschätzt werden und p muss größer als 0.25 sein, damit die Nullhypothese als richtig angenommen werden kann. Der Bereich zwischen 0.05 und 0.25 lässt somit keine statistisch verwertbaren Aussagen zu. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse nach diesem Verfahren ausgewertet.

2.5.3.3. Signifikanztests

Abhängig von Skalenniveau, Stichprobeneigenschaften und Verteilung der Daten muss ein Signifikanztest ausgewählt werden, der die Beziehung der gemessenen Werte statistisch auswertet. Bei metrischen Skalen und normalverteilten Daten können parametrische Tests angewendet werden. Im Rahmen der Arbeit sind der t-Test für abhängige Stichproben sowie die mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung zur Anwendung gekommen. Der t-Test für abhängige Stichproben wird angewendet, wenn lediglich eine unabhängige Variable variiert wird, beispielsweise wenn die gleichen Versuchspersonen die gleiche Aufgabe mit zwei Systemvarianten durchführen.

Werden mehrere Variablen zusammengefasst, kommt die mehrfaktorielle Varianzanalyse zur Anwendung. Absolvieren beispielsweise dieselben Probanden mehrere Aufgaben mit mehreren Systemvarianten, kann zur Ermittlung der Unterschiede die mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung zur Anwendung kommen. Es werden die Varianzen mehrerer Mittelwerte miteinander verglichen. Dabei setzt sich die Gesamtvarianz eines Mittelwerts aus der Treatmentvarianz, der Varianz, die auf die Veränderungen der unabhängigen Variablen zurückzuführen ist, und der Fehlervarianz zusammen. Der sogenannte „F-Wert“ gibt den Anteil von Treatmentvarianz und Fehlervarianz an der Gesamtvarianz wieder. Die Größe des F-Werts gibt die Größe der Treatmentvarianz wieder und somit auch die Signifikanz.

Bedeutung des Effekts	klein	mittel	groß
Effektgröße partielles η^2	0,01	0,06	0,14

Tabelle 2.2: Effektgrößen [41]

Die Effektgröße gibt an, wie groß und bedeutungsvoll ein Unterschied oder Zusammenhang ist. Dabei sind die Effektgrößen weitgehend unabhängig von der Größe der untersuchten Stichprobe. In der vorliegenden Arbeit wurde das partielle η^2 zur Auswertung herangezogen, das auf dem Quotienten aus Treatmentvarianz und Gesamtvarianz berechnet wird. Die Schwellen für die zu unterscheidenden Effektstärken sind in Tabelle 2.2 aufgeführt.

2.5.4. Ergebnisdarstellungen

Für eine bessere Verständlichkeit ist es üblich die Ergebnisse der statistischen Auswertung in Diagrammform graphisch aufzubereiten und die zugehörigen Werte in einer Tabelle aufzulisten.

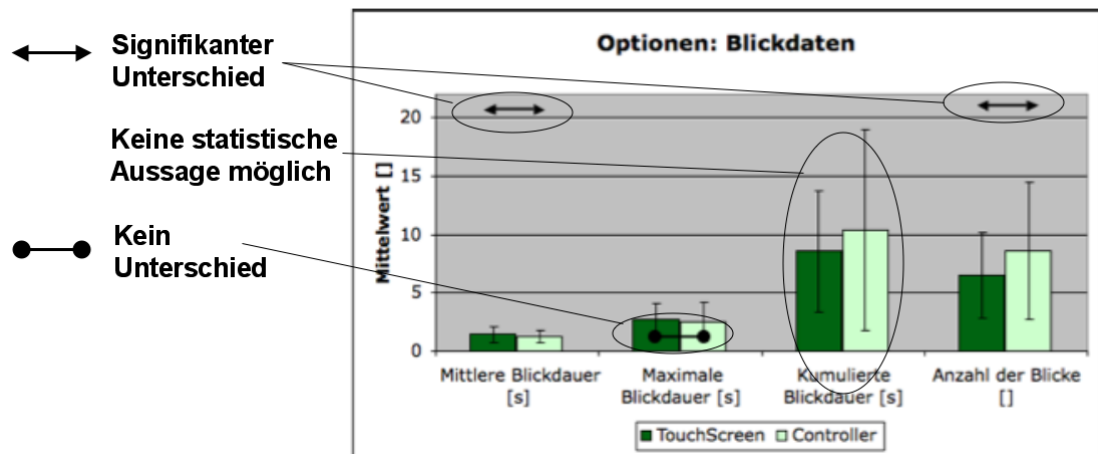


Abbildung 2.20: Graphische Darstellung der Ergebnisse für die Blickdaten für den Aufgabentyp Optionen.

In dem Beispiel aus Abbildung 2.20 sind die Ergebnisse zu den Blickdauern des Aufgabentyps Optionen graphisch aufbereitet. Die y-Achse gibt die Skala für die Werte zu den arithmetischen Mitteln wieder. Auf der x-Achse sind die Systemvarianten für jede Kenngröße angetragen. Der Fehlerindikator veranschaulicht die Standardabweichung. Markierungen zwischen den Systemvarianten geben die Ergebnisse der statistischen Auswertung wieder. Ein Doppelpfeil über zwei Systembalken zeigt einen signifikanten Unterschied, ein Kugelbalken zwischen zwei Systemvarianten kennzeichnet zwei gleiche Merkmale. Falls keine Markierung zwischen zwei Systemvarianten angetragen ist, kann keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden, da der p-Wert zwischen 0,05 und 0,25 liegt.

In der zugehörigen Tabelle 2.3 sind die p-Werte, F-Werte, partielles η^2 , die Mittelwerte und Standardabweichungen für jede Kenngröße aufgelistet. Für eine schnelle Lesbarkeit markieren rote p-Werte einen signifikanten Unterschied zwischen den Systemen hinsichtlich der Kenngröße. Grüne p-Werte zeigen an, dass beide Systemvarianten sich in der Kenngröße nicht unterscheiden. Falls der p-Wert in einem statistisch nicht aussagekräftigen Bereich liegt, wird er schwarz dargestellt. Die Interpretation des partiellen η^2 ist ebenfalls durch die Variation der Textfarbe gekennzeichnet. Ein schwacher Effekt wird durch helles grau, ein mittlerer durch dunkles grau und ein großer durch eine schwarze Textfarbe markiert.

Optionen Blickdaten								
Variante	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,042		0,378		0,184		0,026	
$F_{2,15}$	4,241		0,784		1,791		5,160	
partielles η^2	0,05		0,01		0,15		0,06	
Mittelwert	1,44	1,23	2,75	2,55	8,56	10,37	6,5	8,55
Standardabw.	0,64	0,56	2,63	1,85	17,61	14,55	7,72	7,27

Tabelle 2.3: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten für den Aufgabentyp Optionen für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

2.6. Fazit

Das vorliegende Kapitel fasst die Grundlagen zur Konzeption und Absicherung graphischer Interaktionsmetaphern zusammen. Dazu werden von einer gesamthaften Betrachtung der Mensch-Maschine-Interaktion über die Erörterung spezieller Aspekte des Anwenders, der Domäne von FIS und graphischer, dreidimensionaler Interaktionskonzepte bis zu der Absicherung von FIS relevante Aspekte für die vorliegende Arbeit beleuchtet.

3. Modellierung graphischer Bedienoberflächen

Ein Metamodell systematisiert die Abstimmung der Funktionsstrukturierung auf eine Bedienlogik und deren Auswirkungen auf die Informationspräsentation.

Für eine gesamthafte Betrachtung eines Interaktionsparadigmas ist neben der empirischen Absicherung eine modellbasierte, strukturierte Vorgehensweise unabdingbar. Das Themengebiet der Modellierung interaktiver Systeme erstreckt sich von einer gesamthafte Betrachtung bis hin zu einer Reihe von Detaillösungen. Dazu wird im vorliegenden Kapitel ein Überblick über bestehende Modellierungsansätze gegeben.

Es fehlt jedoch ein systematischer Ansatz, der die Situation, die Nutzungsszenarien, die Funktionsstrukturierung und die Bedienlogik auf den Nutzer abstimmt und die Auswirkungen auf die Informationspräsentation berücksichtigt. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht die Konzeption einer Lösung hinsichtlich der Schlüsselherausforderungen von FIS, beschrieben in Abschnitt 2.3.7. Die detaillierte Entwicklung eines methodischen Modells verlangt umfassende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen. Es wird ein rudimentäres Metamodell erarbeitet, das ein interaktives System in die Ebenen Funktionalität, Bedienlogik und Informationspräsentation gliedert. Besonders die Wechselwirkungen zwischen der Funktionalität und der Bedienlogik in Hinblick auf die Informationspräsentation stehen im Fokus des vorliegenden Kapitels.

3.1. Bestehende Methoden

Modellierungsmethoden zur Konzeption, zur Verifikation und zum Vergleich von interaktiven Systemen adressieren häufig einen der Bereiche des ABC-Modells [75] aus Abbildung 3.1, das das Zusammenspiel zwischen der Aufgabe, dem Benutzer und dem Computersystem veranschaulicht.

Demnach lassen sich die gängigen Modellierungsnotationen zunächst in Aufgabenspezifikation, Benutzermodellierung und Systementwurf einteilen. Der Dialog macht dem Benutzer die Systemfunktionalität in einer strukturierten Art und Weise, die durch die

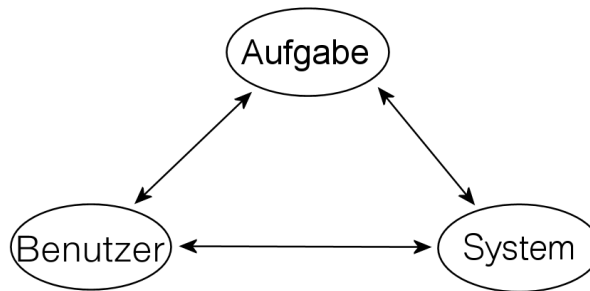


Abbildung 3.1: ABC-Modell [75]

Aufgabenart bestimmt wird, zugänglich. Der Themenbereich der Informationspräsentation findet sich dagegen in kaum einer der bekannten Modellierungsnotationen. Im Folgenden sollen die wichtigsten bestehenden Arbeiten zur Modellierung von Bedienoberflächen für den gesamten Systemverbund und die vier verschiedenen Kategorien Aufgabenspezifikation, Benutzermodellierung, Systementwurf und Dialogmodellierung beschrieben werden.

3.1.1. Benutzungsschnittstelle

Das IFIP¹-Modell [89] ist zeitgleich zu dem Seeheim-Modell [158] entstanden und nicht von Informatikern sondern durch Psychologen und Ergonomen geprägt. Das Ziel des Modells ist die Bewertung interaktiver Systeme. Die Einbeziehung externer Faktoren aus der Arbeitsumgebung spielt eine nicht unwesentliche Rolle und betrachtet soziale und technische Randbedingungen.

Die Leavitraute [103] erweitert das ABC-Modell um die Organisation, in der der Mensch als Rollenträger auftritt und mithilfe des in die Organisation eingebetteten Systems Aufgaben bearbeitet.

3.1.2. Aufgabenspezifikation

Die Anforderungsanalyse legt die Funktionen fest, die vom System bereitgestellt werden müssen, um ein bestimmtes Handlungsziel zu erreichen. Es muss entschieden werden, welchen Teil der Aufgabe vom System übernommen werden soll und welchen Teil der Nutzer selbst übernehmen muss. Im Folgenden sollen charakteristische Methoden zur Aufgabenmodellierung vorgestellt werden, die die Aufgabe isoliert sowie in Verbindung mit dem System oder dem Benutzer behandeln.

Bei der *systemergonomischen* Analyse [47] der Funktion wird die Aufgabe in den Aufgabeninhalt und in die Auslegung durch den Systementwickler zerlegt. Dabei charakterisiert der *Aufgabeninhalt* die Komplexität der Aufgabe selbst bezüglich zeitlicher

¹International Federation for Information Processing

und räumlicher Ordnung. Die zeitliche *Bedienung* unterscheidet zwischen simultaner und sequentieller Ausführungsreihenfolge. Des Weiteren wirkt die räumliche Ordnung, als *Dimensionalität* bezeichnet, durch die Freiheitsgrade auf die Aufgabe ein. Zusätzlich wird die Komplexität durch die *Führungsart*, der zeitlichen und örtlichen Einbindung des Menschen festgelegt. Die *Auslegung* der Aufgabe wird durch den Systemdesigner bestimmt und man unterscheidet zwischen der *Darstellungsart* der Aufgabenstellung und Erfüllung sowie der *Aufgabenart*, die die Art der Einbeziehung des Menschen charakterisiert.

Flussdiagramme werden in der Systemergonomie verwendet, um die zeitliche Ordnung von Teilaufgaben darzustellen. Dabei wird zwischen dem idealen Soll-Ablauf einer Aufgabe und dem Ist-Ablauf mit einem bestimmten System unterschieden. Mithilfe dieser Technik lassen bestimmte *Funktionsbereiche* bilden und um simultane sowie sequentielle Bedienschritte zu identifizieren [47].

Weitere etablierte Methoden zur Aufgabenmodellierung betrachten die Aufgabe im Kontext der Umgebung, d.h. im Zusammenspiel mit dem Benutzer und/oder dem System. Rasmussen [128] definiert ein Metamodell in dem er kognitive Prozesse des Benutzers mit der auszuübenden Tätigkeit zueinander in Beziehung stellt. Er klassifiziert abhängig vom Übungsgrad einer Tätigkeit in wissens-, regel- oder fertigkeitbasierten Handeln. Die höchste kognitive Ebene wird als *Wissensebene* bezeichnet. Sie bietet zwar eine hohe Kapazität, aber die Verarbeitungsgeschwindigkeit ist nur gering. Die regelbasierte Ebene befindet sich unter der wissensbasierten. Durch einfache Handlungsregeln im Sinne eines „wenn, dann“ Schemas können Tätigkeiten schneller geplant werden. Sogenannte automatisierte Prozesse laufen auf der hierarchisch niedrigsten kognitiven Ebene, der fertigkeitbasierten Ebene ohne bewusste Aufmerksamkeitszuwendung ab. Die automatisierte Ausführung von Handlungen erfordert ein langes Training derer Strategien.

Mithilfe des GOMS²-Modells werden Ziele und alternative Lösungswege in atomare Operationen zerlegt und Kriterien zur Wahl des Lösungsweg durch den Nutzer angeboten. Das Keystroke-Level Modell erweitert das GOMS-Modell um Benutzereingaben wie beispielsweise Tastatur- und Mouseevents. Dadurch lassen sich Aussagen über die Dauer machen, die ein geübter Benutzer zur fehlerfreien Lösung einer Aufgabe benötigt. Tabellen mit empirisch bestimmten Werten geben die Dauern für die verschiedenen Aktionen des Benutzers an.

3.1.3. Benutzermodellierung

Die granulare Betrachtung des Benutzers zeigt, wie in Abbildung 3.2 beschrieben, dass bei der Interaktion innere, kognitive Prozesse ablaufen, sowie Mechanismen zur Eingabe in das System und zur Wahrnehmung der Systemausgaben. Bei der Modellierung des Benutzers werden unterschiedliche Ziele adressiert, beispielsweise einerseits kognitive Prozesse zur Informationsaufnahme und -verarbeitung, andererseits die Abbildung der

²Goals, Operators, Methods, Selection Rules

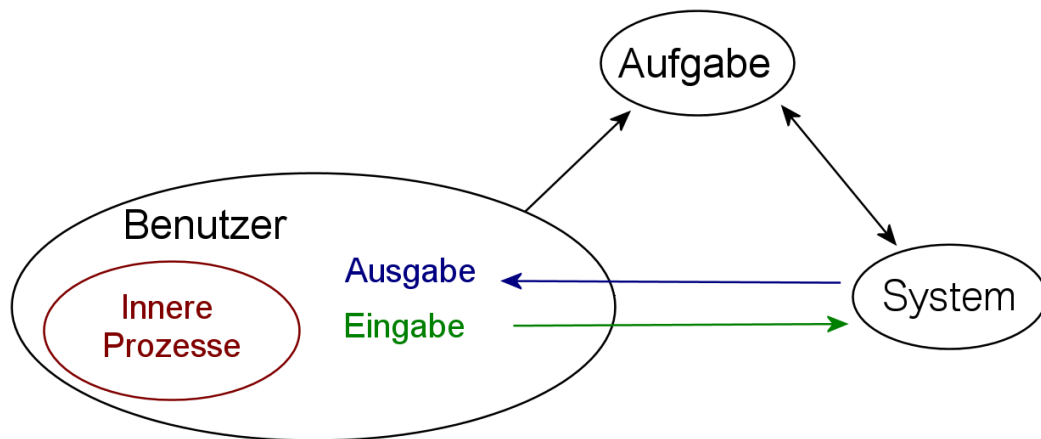


Abbildung 3.2: Granulare Betrachtung des Benutzers

menschlichen Eingabeoperationen in das System oder die Klassifikation verschiedener Benutzergruppen.

[188] teilen die Benutzer in verschiedene Benutzerklassen ein und haben einen Katalog von Kriterien zusammengestellt anhand derer die Benutzer unterschieden werden können: Vorwissen und fachliche Erfahrungen zum Anwendungsgebiet, Vertrautheit mit Begriffen und Konzepten der Datenverarbeitung, kognitive Fähigkeiten, Stil des Problemlösens, Einstellungen gegenüber Dialogsystemen sowie persönliche Ziele bei Erlernen und Bedienen des Systems.

Die Computermetapher [144] beschreibt einen mit einem System interagierenden Menschen als Prozessmodell, das aus drei Subsystemen besteht: einem wahrnehmenden System, das Eingaben aus der realen Welt annimmt, einem motorischen System, das die reale Welt manipuliert und einem kognitives System, das die Verbindung zwischen Eingabe und Ausgabe darstellt sowie die grundlegende Verarbeitung und Speicherung bereitstellt. Jedes der drei Subsysteme verfügt über Verarbeitungseinheiten und Speicher. Dabei kann die Verarbeitung teilweise parallel stattfinden und es können Reaktions- und Verarbeitungszeiten berechnet werden.

Die Task Action Grammatik [158] basiert auf formalen Sprachen und setzt prozedurales Wissen zur Lösung einer Aufgabe in Form von atomaren Handlungen, Informationen über die Aufgabe und existierende Regelschemata. Es werden zwei Ebenen zur Aufgabenbewältigung unterschieden: Die konzeptuelle Ebene modelliert grammatikalische Objekte, wie mentale Prozesse oder einfache Aufgaben einer Interaktion. Die Ebene der Regeln beschreibt die mentale Repräsentation der Abbildung von Aufgaben auf Aktivitäten.

3.1.4. Entwurf der Systemarchitektur

Modelle zur Beschreibung der Systemarchitektur adressieren das Design des technischen Systems.

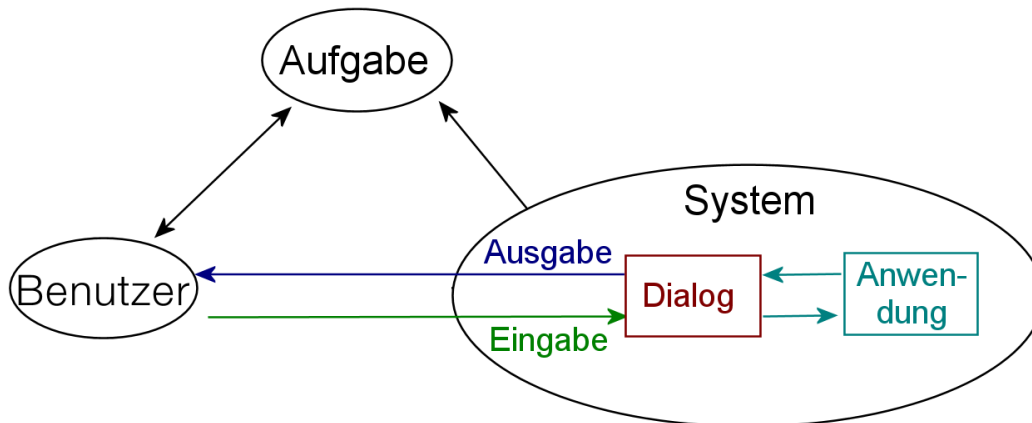


Abbildung 3.3: Granulare Betrachtung des Systems

Die ausdrückliche Trennung zwischen Präsentation, Dialogkontrolle und Applikationsschnittstelle wurde auf dem User Interface Management Systems Workshop 1983 in Seeheim entwickelt [158]. Die *Präsentation* definiert Schnittstellen zu physikalischen Eingabegeräten, wie Maus oder Tastatur und zu logischen Ausgabegeräten, wie Menüs. Die *Dialogkontrolle* steuert geräte- und anwendungsunabhängig den Dialogablauf, der durch die Interpretation formaler Ablaufbeschreibungen erfolgen kann. Die *Applikationsschnittstelle* vermittelt zwischen der Dialogkontrolle und Anwendung.

Das MVC³-Konzept nimmt eine andere Aufteilung vor: Präsentation, Kontrolle und zugrunde liegendes Modell. Dabei können verschiedene Präsentationen und Kontrollen dasselbe Modell visualisieren und bearbeiten sowie auf Änderungen innerhalb des Modells reagieren

3.1.5. Dialogführung

Die Dialogführung nimmt eine zentrale Rolle bei der Mensch-Maschine-Interaktion ein und soll deshalb an dieser Stelle gesondert betrachtet werden, obwohl sie in die Kategorie des Systementwurfs eingeordnet wird.

Genau genommen ist die Dialogführung die zentrale Vermittlung zwischen Aufgabe, Benutzer und System. Die Besonderheiten der Aufgabe müssen berücksichtigt werden und die Aufgaben sowie deren zugehörige durch das System auszuführende Funktionalitäten in ein Gesamtsystem strukturieren. Die Auswirkungen durch die Eingaben des Anwenders auf das System und die Struktur sollen zusätzlich betrachtet werden.

³Model, View, Controller

Mit der Dialogmodellierung soll die Überprüfung von Spezifikationsaspekten, ein Vergleich zwischen bestehenden Systemen sowie eine frühzeitige heuristische Evaluierung ermöglicht werden. Dialogmodellierungen können einerseits zustandsorientiert sein und den aktuellen Status des Systems sowie die derzeit durchführbaren Aktionen des Benutzers abbilden. Einen anderen Ansatz bietet die ablauforientierte Darstellung, die den Fokus auf mögliche Handlungssequenzen legt. Dabei wird zwischen graphischen und textuellen Notationen unterschieden. Textuelle Notationen sind beispielsweise MultiParty Grammatiken [158]. Für graphische Modellierungen eignen sich Zustandübergangsgraphen, Petrinetze, StateCharts und Dialognetze [155, 188].

3.2. Metamodell zur Informationspräsentation

Um eine geeignete formale Modellerierungsnotation für die Informationspräsentation anzubieten, müssen die anzuzeigenden Elemente der Benutzeroberfläche identifiziert werden. Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Metamodell zeigt einen Ansatz, der die Komposition einer Bedienoberfläche hinsichtlich Funktion, Struktur und Informationspräsentation ermöglicht.

Zunächst werden mithilfe einer Anforderungsanalyse aus dem klassischen Software Engineering die funktionellen Anforderungen an das System ermittelt und als Aufgaben modelliert. In der nächsten Stufe wird unter Berücksichtigung der Aufgabenbeschaffenheit sowie den Eigenschaften der Domäne eine logische Struktur entwickelt, die dem Benutzer die Funktionalität des Systems zugänglich macht. Die letzte Ebene des dreistufigen Modells bildet die Informationspräsentation unter der Berücksichtigung der Funktionalität sowie der Struktur formal ab.

3.2.1. Domänenmodell - Ebene der Funktionalität

Am Anfang des Entstehungsprozess für interaktive Systeme findet analog zum Software Engineering eine Anforderungsanalyse statt. Diese untersucht die zukünftigen Benutzer hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie Demographie, Ausbildung und Vorkenntnisse. Die Eigenheiten der Umgebung werden betrachtet und Anforderungen an das interaktive System, abhängig von der Nutzungssituation, werden definiert. Zusätzlich wird die Funktionalität bestimmt, mit deren Hilfe der Anwender seine Ziele erreichen kann. Das Resultat dieser Phase ist eine Beschreibung des zukünftigen Benutzers, eine Aufstellung der Anforderungen aus der Umgebung sowie eine Ansammlung ungeordneter Funktionalität, siehe Abbildung 3.4.

Aus Sicht der Nutzer werden mit der Unterstützung eines Systems Aufgaben erledigt. Eine Aufgabe besteht in einem komplexen Fall aus sequentiellen Aktionen. Das System bietet dem Nutzer Funktionen an, die Aktionen oder gesamte Aufgaben nach einer Initialisierung durch den Anwender automatisiert ausführen. Die Anforderungsanalyse ermittelt die Funktionalität, die das System dem Anwender zur Erreichung seiner Ziele

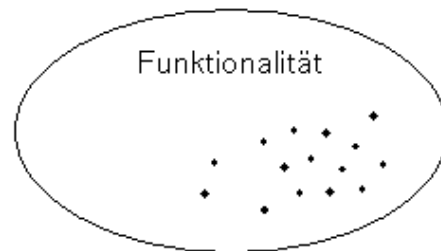


Abbildung 3.4: Vielfalt unterschiedlicher Funktionalität

zur Verfügung stellen soll.

3.2.1.1. Funktionalitäten des Domänenmodells

Die Funktionalität, die über ein interaktives System angeboten wird, geht über die reinen Funktionen zur Aufgabenerledigung hinaus. Funktionalitäten zur Dialognavigation sowie zur Unterstützung der Anwender sind einbezogen. Die Funktionen auf der Ebene des Domänenmodells orientieren sich an den Anwendungsfällen und bieten eine Taxonomy der Inhalte aus der Sicht des Nutzers.

Aufgabenbezogene Funktionen Funktionen, die die Grundfunktionalität eines Systems bilden, werden als aufgabenbezogene Funktionen bezeichnet. Diese Funktionen sind die Aufgaben, die der Benutzer mit dem System erledigen möchte und wurden in der Anforderungsanalyse ermittelt.

Das System enthält verschiedene Objekte, die in aktuellen FIS gerätebasiert strukturiert sind, beispielsweise das Radio. Am Beispiel eines FIS sind solche Funktionen beispielsweise: „Radio einschalten“ und „Navigation einschalten“.

Attributverändernde Funktionen Ein Objekt kann Attribute beinhalten, bei Radio beispielsweise Frequenz, Lautstärke und Klang. Funktionen, die auf die Attribute einflusnehmen, beispielsweise „Lautstärke verstellen“ oder „Sprecher der Navigationshinweise wechseln“ werden als attributverändernde Funktionen bezeichnet. Aus Sicht des Benutzers spricht man von Einstellungen oder Optionen. Attribute können wiederum in Objekte mit Attributen unterteilt werden. Beispielsweise verfügt das Attribut Klang ebenfalls über Attribute wie Bässe, Höhen, Balance und Fader. Auf diese Art und Weise entsteht eine Hierarchie bis finale Elemente erreicht sind.

Beschreibende Funktionen Um einen Nutzer bei der Interaktion mit komplexen Systemen zu unterstützen, können Funktionen angeboten werden, die Informationen über den Umgang mit der Bedienoberfläche oder über die enthaltenen Funktionalitäten bieten. Aus Nutzersicht wird von Hilfefunktionen oder Tutorialfunktionen gesprochen.

3.2.1.2. Modellierung des Domänenmodells

Basierend auf der Anforderungsanalyse wird eine Menge von Funktionen ermittelt, die der Anwender durch das System nutzen möchte. Im nächsten Schritt soll die Funktionalität strukturiert werden, um eine Realisierung basierend auf den Interaktionen des Nutzers zu umzusetzen. Im Softwareengineering stehen zu diesem Zweck *Funktionsbäume* sowie *Funktionshierarchien* zur Verfügung, die streng anwendungsfall-orientiert sind [73]. Auf den Hierarchieebenen wird die angebotene Funktionalität in Unterfunktionen gegliedert, bis atomare Funktionen erreicht werden.

Zur Modellierung von Funktionsbäumen können verschiedene Notationen genutzt werden. In der vorliegenden Arbeit werden Zustandsautomaten eingesetzt, um die Domänenfunktionalität zu formalisieren. Dabei können einzelne Zustandsautomaten entsprechend den Usecases entstehen, aber auch Abhängigkeiten oder Überschneidungen zwischen Funktionalitäten und Anwendungsfällen dargestellt werden.

3.2.2. Dialogmodell - Ebene der Bedienlogik

In der zweiten Ebene wird die strukturierte Funktionalität in eine Bedienlogik geordnet. Das Dialogmodell muss die zeitliche Ordnung von atomaren Aktionen [47] beachten und darf beispielsweise die durch die sequentielle Bedienung vorgegebene Reihenfolge nicht verändern. Bei simultanen Aufgaben dagegen kann die Struktur freier gehandhabt werden. Die Reihenfolge wird durch Strukturen von den Entwicklern vorgegeben oder kann der Entscheidung des Benutzers überlassen werden.

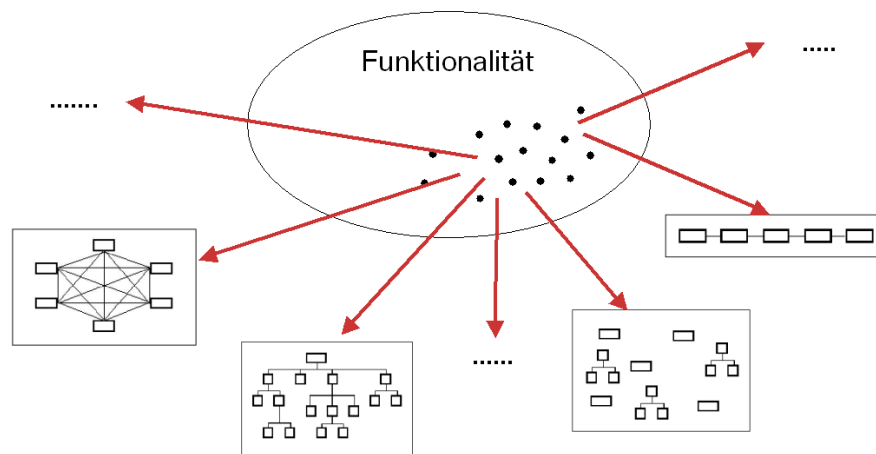


Abbildung 3.5: Möglichkeiten zur Strukturierung von Funktionalität

3.2.2.1. Funktionalitäten des Dialogmodells

Die Funktionalitäten des Systems werden bei der Strukturierung der Funktionalität des Domänenmodells um Funktionalitäten der Bedienlogik ergänzt. Die Funktionen der Bedienlogik können in zwei Kategorien eingeteilt werden.

Strukturierende Funktionen Übersteigt die Anzahl der aufgabenbezogenen, attributverändernden und beschreibenden Funktionen den bereitgestellten Anzeigeraum, kann die Gesamtheit der Funktionalität nicht zeitgleich dargestellt werden. Folglich ist zu jedem Zeitpunkt nur ein Ausschnitt der angebotenen Funktionalität zugreifbar. Die Menge der Funktionalität wird strukturiert und mithilfe von Navigationselementen wird das Erreichen aller vorgesehenen Funktionen ermöglicht. Elemente, die Funktionalität zur Navigation durch die Dialogstruktur anbieten, werden als strukturierende Funktionen bezeichnet.

Dynamische Funktionen Wächst die Funktionalität so stark an, dass der individuelle Anwender lediglich einen Bruchteil nutzen möchte, erleichtern Individualisierungsstrategien wie adaptive Menüs oder Lesezeichen den Umgang mit den Interaktionssystemen. Solche individualisierenden Funktionen werden als dynamische Funktionen bezeichnet, da sie die Bedienlogik auf die persönlichen Bedürfnisse des Benutzers anpassen.

3.2.2.2. Modellierung des Dialogmodells

Durch das Domänenmodell wird eine Struktur vorgegeben, die basierend auf den Anwendungsfällen Handlungssequenzen formalisiert. Bei der Modellierung der Bedienlogik werden die einzelnen Zustandsdiagramme in einen Zusammenhang gesetzt. Die möglichen Strukturen zeigt Abbildung 3.6.

Zur Dialogmodellierung gibt es wie in Abschnitt 3.1.5 beschrieben vielseitige Möglichkeiten. Die State Charts [87] bieten eine hohe Flexibilität und nachdem zur Formalisierung des Domänenmodells bereits graphische Zustandsübergänge verwendet wurden, werden diese im Folgenden zur Modellierung der Bedienlogik genutzt. Anhand des FIS in einem BMW 5er, Baujahr 2003 wird in Abbildung 3.9 das Beispiel des Radiomenüs in ein State Chart Diagramm überführt.

3.2.3. Präsentationsmodell - Ebene der Informationspräsentation

Die Ebene der Informationspräsentation vermittelt dem Anwender welche Aktionen in dem aktuellen Zustand ausführen kann. Dabei spielt der Aufforderungscharakter eine entscheidende Rolle, der im Speziellen dem Beginner Hinweise auf dessen Handlungsmöglichkeiten gibt. Bei der Informationspräsentation ist es notwendig, dass der Anwender zwischen Funktionalitäten des Domänenmodells und der Bedienlogik unterscheiden

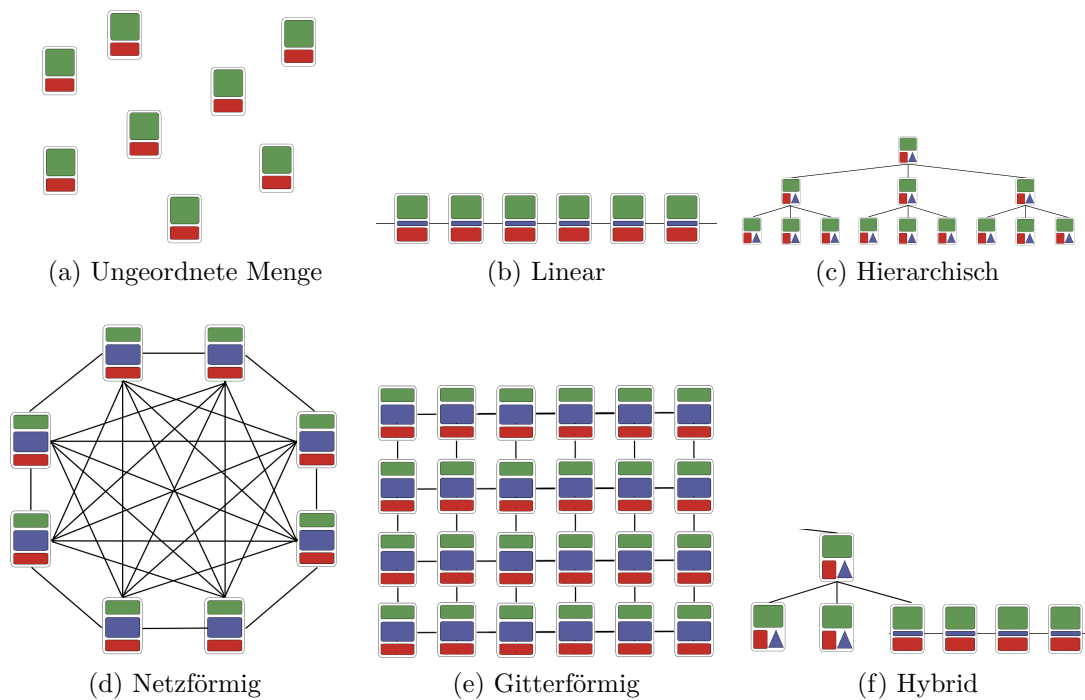


Abbildung 3.6: Dialogstrukturen

kann. Eine konsistente Realisierung definiert eine Formsprache aus der sich der Anwender die Bedeutung der einzelnen Funktionen aufgrund ihrer Gestaltung ableiten kann. Im Idealfall können mithilfe der Formsprache einzelne Funktionalitätsgruppen in ein stimmiges konzeptuelles Modell abgebildet werden.

3.2.3.1. Arten der Information im Präsentationsmodell

Informationspräsentation der Domänenfunktionalität Zur Präsentation von Eigenheiten der Funktionalität des Domänenmodells existieren verschiedene graphischen Umsetzungsmöglichkeiten die sich über verschiedene Domänen und Applikationen etabliert haben. Ein Beispiel sind „Radiobuttons“ die dem Nutzer anzeigen, dass er aus der Liste der angebotenen Funktionalität lediglich eine auswählen kann. Im Gegensatz dazu zeigen „Checkboxen“ die Möglichkeit an, dass mehrere Elemente gleichzeitig ausgewählt werden können.

Gleichzeitig existieren Funktionalitäten, die eine informierende Aufgabe umsetzen. Bei der Navigation wird der Anwender vom System von einem Startpunkt zu einem Ziel geleitet. Das System muss den Nutzer dirigieren und Handlungshinweise geben. In herkömmlichen FIS kann der Fahrer die Art der Informationspräsentation zwischen verschiedenen graphischen Darstellungen und auditiven Hinweisen variieren.

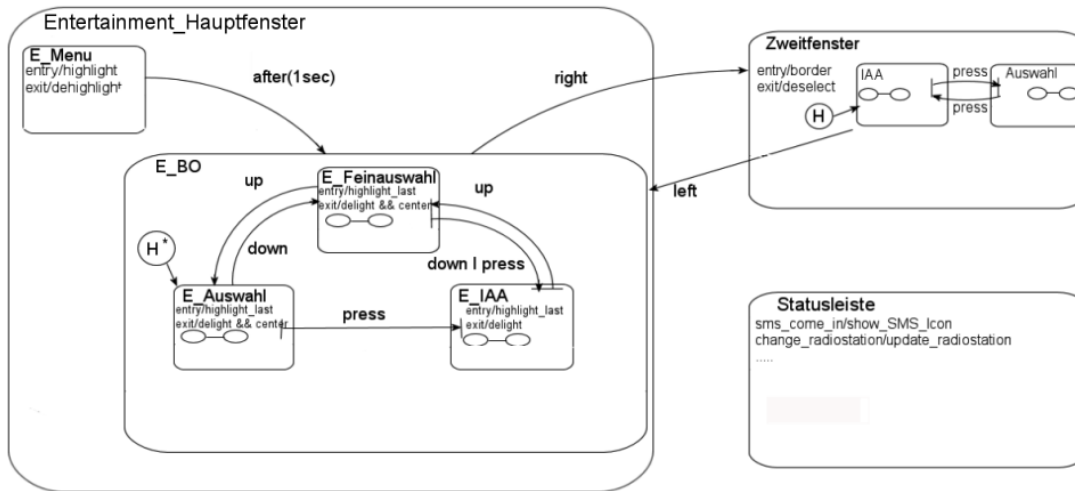


Abbildung 3.7: State Chart des Entertainmentmenüs eines BMW 5ers, Baujahr 2003

Informationspräsentation der Bedienfunktionalität Die Strukturen der Domänenfunktionalität durch die Bedienlogik können auf unterschiedliche Arten präsentiert werden. Für bestimmte Strukturen wurden bereits Standards und Richtlinien definiert, beispielsweise bei der sequentiellen Struktur einer Installationsanleitung. Andere Strukturen bieten jedoch gestalterische Spielräume und etablieren keine Standards. Abbildung 3.8 zeigt exemplarisch an einer hierarchischen Struktur die Variantenvielfalt auf. Abhängig von der Domäne wird vermutet, dass die immer komplexer werdenden Systeme vor Allem durch hybride Strukturen ideal aufbereitet werden.

3.2.3.2. Modellierung des Präsentationsmodells

Durch das Präsentationsmodell werden die Darstellungen der Funktionalitäten des Domänenmodells und des Dialogmodells definiert. Die Informationspräsentation ist eng an die Strukturen der Dialogmodellierung gekoppelt, deshalb werden die StateCharts dahingehend erweitert, dass in jedem Zustand die Informationspräsentation definiert wird.

Abbildung 3.10 zeigt die Erweiterung des StateChart Diagramms aus Abbildung 3.9. Dazu wird jeder Zustand in einen präsentierenden und einen auslösenden Part eingeteilt. In dem Beispiel sind die Informationspräsentationen lediglich durch Text beschrieben. Es können StyleSheets ähnlich zu Html-Techniken definiert werden.

Eine weitere Möglichkeit die Bedienlogik und deren Abläufe in einem formalen Modell abzubilden, ist in den Zuständen sichtbare und aktive Zustände zu kennzeichnen. Die möglichen Benutzeraktionen werden zusätzlich markiert. Damit können Abläufe in dem aktiven System simuliert werden.

3. Modellierung graphischer Bedienoberflächen

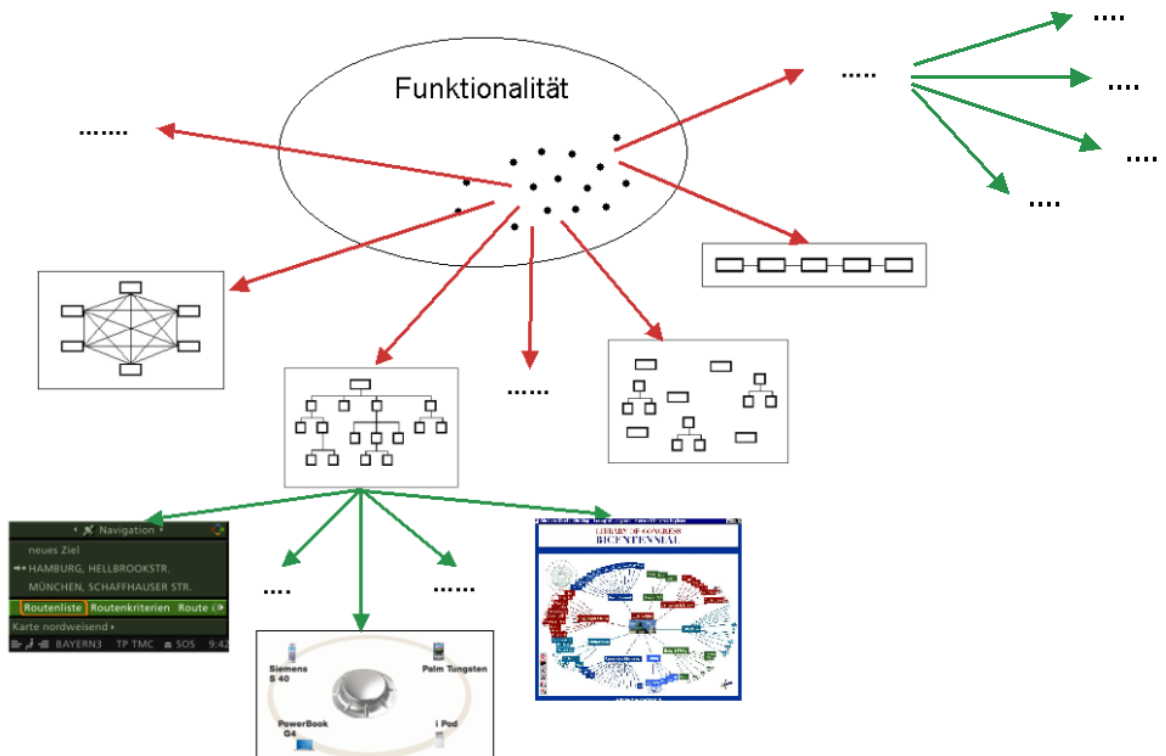
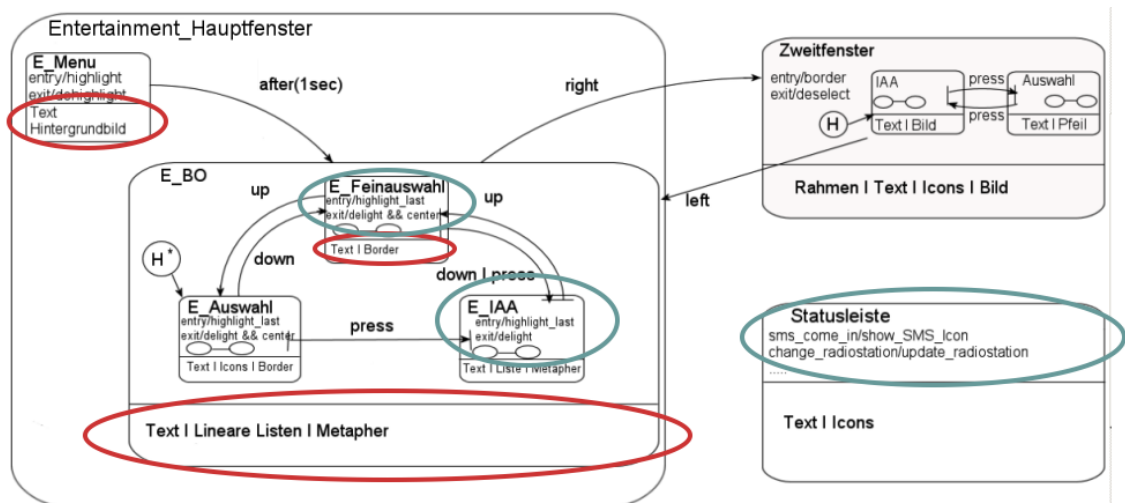


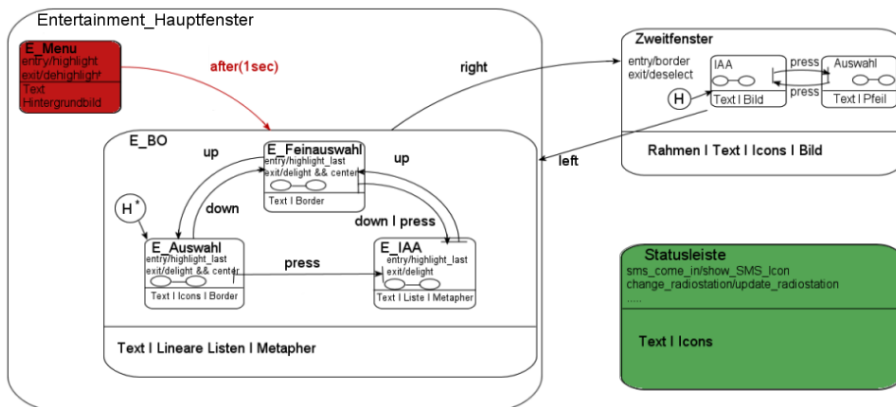
Abbildung 3.8: Präsentationsformen der Strukturen



Unterteilung in präsentierenden und auslösenden Teil

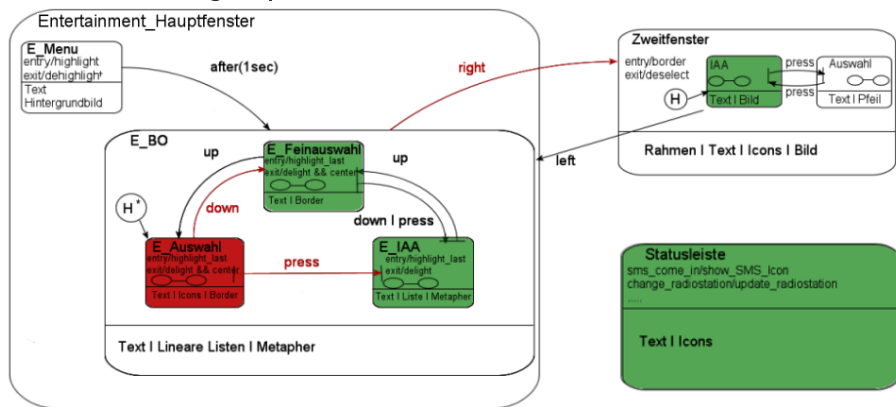
Abbildung 3.9: State Chart des Entertainmentmenüs eines BMW 5ers, Baujahr 2003

3.2. Metamodell zur Informationspräsentation



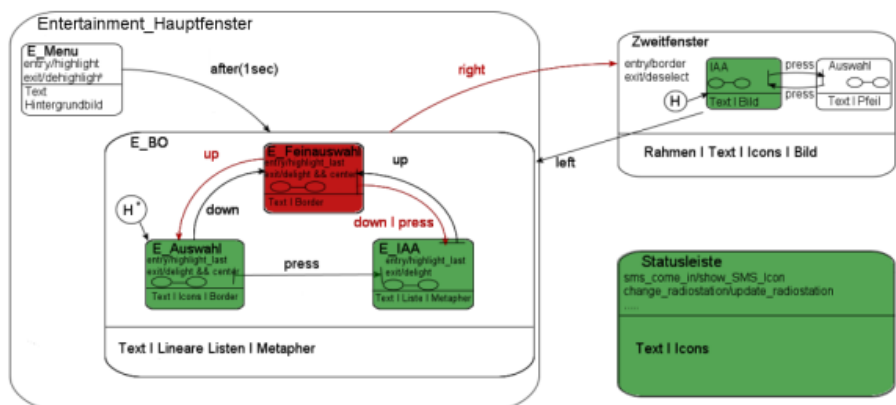
Kennzeichnung **sichtbarer** und **aktiver** Objekte

(a)



Kennzeichnung **sichtbarer** und **aktiver** Objekte

(b)



Kennzeichnung **sichtbarer** und **aktiver** Objekte

(c)

Abbildung 3.10: Ablauf in dem erweiterten StateChart

3.3. Fazit

Das Kapitel hat die Notwendigkeit eines systematischen Ansatzes aufgezeigt, der aus Nutzersicht die Wechselwirkungen zwischen Aufgaben und Bedienlogik darstellt. Nur so kann der Entwurf einer konsistenten Formsprache definiert werden, ähnliche Abläufe erkannt und entsprechend graphisch aufbereitet werden. Es wird ein rudimentäres Metamodell definiert und der Grundstein für ein methodisches Vorgehen gelegt. Eine detaillierte Betrachtung weiterer Integrationsmöglichkeiten wie die Darstellung dynamischer Funktionalität wird bei der Modellierung ausgespart. Des Weiteren wird das Vorgehen nicht verifiziert und es fehlen Werkzeuge, die aus der Spezifikation der einzelnen Modelle automatisch eine ablauffähige Bedienoberfläche generiert.

Eine grundlegende Kategorisierung von Funktionalitäten der Domäne und der Bedienlogik sowie der Varianten der Informationspräsentationen bilden einen ersten Schritt in Richtung eines systematischen, modellbasierten Vorgehens, das für eine umfassende Entwicklung benutzerzentrierter Interaktionsmetaphern unabdingbar ist. Schon in der Modellierung können Analogien zu täglichen Gegebenheiten und Mechanismen identifiziert werden und die Konsistenz durch Muster in den Modellen strukturiert berücksichtigt werden.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

Eine grundlegende Untersuchung vertrauter Gegenstände und deren physikalischer Eigenschaften führt zu einer Basis für graphische Interaktionskonzepte.

Now we are trapped in a world created by technologists for technologists. We have even been told that being digital is a virtue. But it isn't: People are analog, not digital; biological, not mechanical. It is time for a human-centered technology, a humane technology. *Don Norman*

Metaphern werden im Desktopbereich eingesetzt, um die Funktionalität eines Computersystems einer breiten Anwendergruppe zugänglich zu machen. Die dieser Arbeit zugrunde liegende These ist, dass allgemein bekannte Mechanismen der alltäglichen und automobilen Welt zur Konzeption von Metaphern, die Gebrauchstauglichkeit und Anziehungskraft von FIS erhöhen können. Physikalische Eigenschaften von Objekten sind so allgemein, dass jeder Mensch unabhängig von Demographie, Vorbildung und kulturellem Hintergrund ähnliche Erfahrungen macht. Eine grundlegende Analyse der räumlichen Lebenswelt des Menschen soll klären, inwieweit sich verschiedene Elemente und Gegebenheiten zur Konzeption von benutzerzentrierten Metaphern eignen.

Im Folgenden werden, basierend auf psychologischen Prozessen zur Wahrnehmung und Interpretation alltäglicher Szenen, räumliche Umgebungen in dreidimensionale *Gegenstände* als Elemente und den *Hintergrund* als umgebendes Bezugssystem eingeteilt. Des Weiteren kann eine räumliche Umgebung mithilfe von Licht, Schatten und Bewegung unterschiedlich *inszeniert* werden. Die visuellen Eigenschaften der physikalischen Gegenstände, des Bezugssystems und der Inszenierung werden im Hinblick auf die von ihnen ausgelösten Assoziationen und Erwartungen analysiert. Im Zentrum steht die Frage, ob und auf welche Art und Weise sie als konzeptionelle Bestandteile in graphischen Anwendungen eingesetzt werden. Abschließend werden im speziellen Objekte aus der automobilen Umgebung auf ihre Tauglichkeit als Metaphernvorlage und ihren Einsatz in Interaktionskonzepten untersucht.

4.1. Reale dreidimensionale Szenen

Reale dreidimensionale Szenen setzen sich aus dem Hintergrund und verschiedenen Gegenständen sowie deren Inszenierung zusammen.

- *Gegenstände* sind Objekte, die sich innerhalb der Szene befinden.
- *Umgebungen* machen das Bezugssystem und damit den Hintergrund einer realen Szene aus.
- *Inszenierung* bezeichnet die Einflussfaktoren auf die Umgebung und Gegenstände wie beispielsweise Lichtverhältnisse und die Bewegung der Gegenstände in der Szene.

In Abbildung 4.1 sind verschiedenen Szenen dargestellt, die sich deutlich in Hintergrund, den enthaltenen Gegenständen und der Inszenierung unterscheiden. Trotz der Unterschiedlichkeit können die logischen Einheiten der einzelnen Bilder schnell und unkompliziert identifiziert werden.



Abbildung 4.1: Räumliche Szenen sind charakterisiert über die Umgebung, den enthaltenen Gegenständen und deren Anordnung sowie deren Inszenierung [145, 82, 96]

Im Folgenden werden die Komposition der Szenerie, die Gegenstände an sich sowie deren Inszenierung auf ihr Potenzial zur Konzeption brauchbarer Interaktionsmetaphern und ihr Vorkommen in graphischen Anwendungen untersucht.

4.2. Physikalische Gegenstände und ihre visuellen Eigenschaften

Objekte verfügen über bestimmte physikalische Eigenschaften, zu denen beispielsweise Gewicht, Temperatur und Dichte zählen. Über visuelle Attribute werden Erwartungen bezüglich dieser Eigenschaften geweckt, z.B. kann auf das Gewicht über das Material und die Größe des Gegenstands geschlossen werden. Das Spektrum der visuellen Eigenschaften dreidimensionaler Gegenstände ist in Abbildung 4.2 dargestellt und das Ergebnis einer Erweiterung der visuellen Eigenschaften zweidimensionaler Objekte nach

Bertin [35]. Der *Aufforderungscharakter*, siehe Abschnitt 2.1.2.2, bestimmt sich über die visuellen Attribute. Anwender schließen aufgrund ihrer alltäglichen Erfahrungen mit der Größe, Material und Form von physikalischen Objekten, wie diese zu gebrauchen sein können.

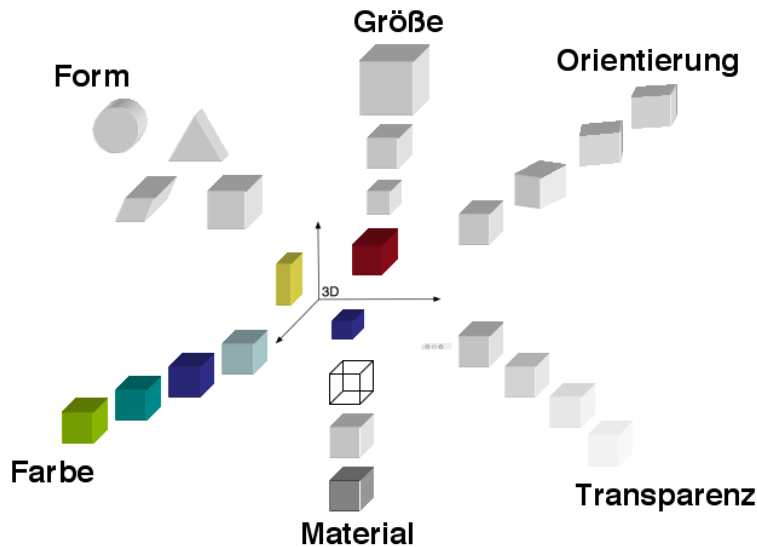


Abbildung 4.2: Visuelle Eigenschaften dreidimensionaler, physikalischer Objekte

Im Folgenden werden die visuellen Eigenschaften bezüglich ihres Vorkommens im Alltag, ihrer Verwendung und ihres Potenzials als Informationsträger in Interaktionskonzepten analysiert. Abschließend ist in Tabelle 4.1. zusammenfassend eine Übersicht über die alltägliche und interaktive Bedeutung der visuellen Attribute physikalischer Objekte sowie deren Potenzial als Metaphernvorlage dargestellt.

4.2.1. Form

Die Form eines alltäglichen Gegenstands spielt eine große Rolle bezüglich seines *Aufforderungscharakters*, der die von einem Gegenstand angebotene Gebrauchseigenschaft beschreibt [116]. Beispielsweise gibt eine Kugel mit ihrer runden Form ohne ebene Flächen Aufschluss darüber, dass sie rollen kann. Ein Quader dagegen bleibt in seiner Position stabil und unbeweglich. Ein berühmtes Beispiel ist das Ei des Kolumbus. Dieser löste das Problem ein Ei auf der Spitze aufzustellen, indem er die Spitze eindrückte und die Form des Eis veränderte.

Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass Gegenstände, die die gleiche Form haben zusammengehören¹ und über ähnliche Eigenschaften verfügen.

¹Gestaltgesetze: Gesetz der Ähnlichkeit

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

Verwendung allgemein bekannter Gegenstände: Allgemein bekannte Gegenstände werden in graphischen Interaktionskonzepten als Vorlagen für Metaphern verwendet, um deren Funktionsweise und Umgang in der realen Welt auf die digitale Welt zu übertragen. Beispielsweise nutzt der *Web Forager* [50] eine realistische Simulation von Büchern, um die Beziehungen der Seiten untereinander beim vorwärts- oder rückwärtsblättern, der Buchgröße und -inhalts konzeptionell auszunutzen. Darüber hinaus existieren weitere Umsetzungen alltäglicher Gegenstände, wie Papierblätter, ein Bücherregal in das momentan nicht gebrauchte Bücher einsortiert und ein Schreibtisch auf dem Bücher abgelegt werden können, siehe Abbildung 4.3.



(a) Der Web Forager bestehend aus Büchern, Seiten, Tisch und Bücherregal. (b) Beispiel eines WebBook. (c) Blättern der Seiten in einem WebBook.

Abbildung 4.3: Arbeitsraum und Bücher im *WebForager* [50].

Die Form ist der entscheidendste Parameter, um eine Verbindung zwischen einem realen und einem digitalen Objekt herzustellen. Allerdings muss eine zu genaue Abbildung der Realität vermieden werden, wie das gescheiterte Projekt *Microsoft BOB* zeigt. Microsoft Bob sollte eine extrem einfache Benutzeroberfläche für Windows-Systeme darstellen, die ihre Anwendungen als Objekte in einem virtuellen Haus präsentiert und den Anwender mit einem Assistenten durch das Programm führt, siehe Abbildung 4.4a. Den Nutzern waren die Analogien aber zu realitätsgetreu und der Mehrwert der rechnerbasierten Unterstützung wurde nicht ersichtlich. Einige Avatare der heutigen MS Systeme gehen auf MS Bob zurück, beispielsweise der gelbe Hund Fredo als Suchagent in Abbildung 4.4a unten rechts.

4.2.2. Größe

Die Größe ist eng mit den monokularen Kriterien der Tiefenwahrnehmung gekoppelt, nach deren Gesetzen nahe Objekte größer erscheinen als entfernte. Dadurch ist die Größe eng mit der Position von Objekten verknüpft und einige Konzepte zur Größenvariation in graphischen Bedienoberflächen sind in Abschnitt 4.3.2 beschrieben. Demnach hängt die Nähe und Relevanz eines Objekts mit seiner Größe zusammen.



(a) *Microsoft BOB* integriert die Programme, z.B. Taschenrechner in verschiedene Räume.



(b) *Microsoft BOB* im Mittelalter.

Abbildung 4.4: Verschiedene individuelle Oberflächen in *Micosoft BoB* [105].

Fokus und Kontext: Ein wichtiges Prinzip der Informationsvisualisierung, siehe Abschnitt 2.4.3 stützt sich auf den Aufbau des menschlichen Auges. Der Mensch sieht lediglich in einem sehr kleinen Bereich von ca. 2° scharf, fovealer Bereich, zwischen 2° und 10° verschwommen, parafovealer Bereich, und außerhalb der 10° kann er lediglich Bewegungen und Helligkeitsänderungen wahrnehmen [148]. Dieses Prinzip wird in der Informationsvisualisierung bei Fokus und Kontext Strategien genutzt. Ein bestimmter Teil der Datenmenge, der für den Benutzer in einem Augenblick von besonderem Interesse ist, wird klar, vergrößert und detailliert dargestellt. Die restliche Datenmenge, also der Kontext, bleibt erhalten, wobei hier keine klare und eindeutige Lesbarkeit verlangt wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten Fokus und Kontext Strategien umzusetzen: durch eine dreidimensionale Perspektive werden Elemente im Vordergrund größer und entlang der z Achse unverzerrt dargestellt. Fisheye Views nutzen geometrische Verzerrungen wie eine Lupe über einen interessanten Teil. Überblick und Detail Technologien bieten einen Überblick mithilfe einer Überblickskarte, die Welt in Miniature genannt wird. Abbildung 4.5 zeigt verschiedene Fokus und Kontext-Strategien.

Durch eine geeignete Verzerrung und durch Größenvariation werden teilweise dreidimensionale Effekte erzielt, siehe 5.15a.

Hierarchie: Größe kann genutzt werden, um hierarchische Beziehungen zu verdeutlichen. In Rekimotos *Information Cube* wird hierarchische Überlegenheit durch größere, verschachtelte Würfel [135] dargestellt, vgl. Abbilung 4.6.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

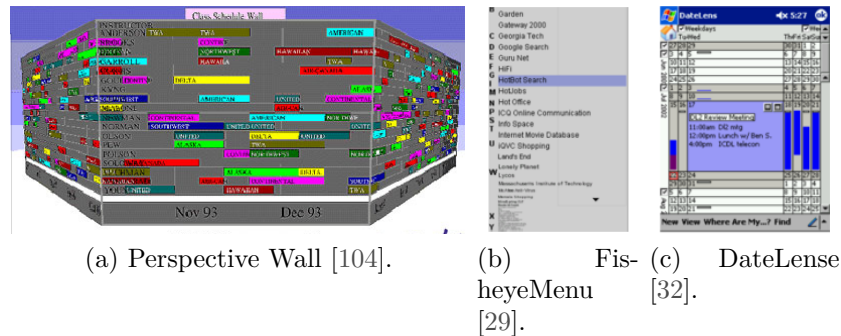


Abbildung 4.5: Ausgewählte Konzepte zu Fokus und Kontext Strategien.

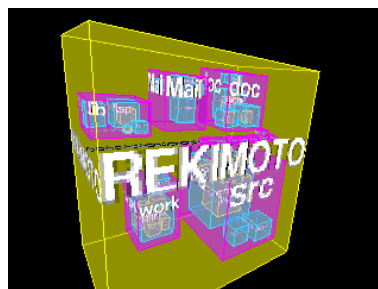


Abbildung 4.6: Visualisierung eines hierarchischen UNIX Dateisystems [135].

4.2.3. Material

Das Material aus dem ein physikalisches Objekt besteht, gibt Aufschluss über viele seiner physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise Dichte, Flexibilität und Hitzebeständigkeit [166]. Ein Objekt kann aus mehreren Teilobjekten und damit auch aus verschiedenen Materialien bestehen. Beispielsweise besteht ein Auto aus Gummi (Reifen), Metall (Motor) und Polstern (Sitze).

Graphische Bedienoberflächen setzen virtuelle Materialeigenschaften ein, um bestimmte Effekte zu visualisieren. Das Material wird in der Computergraphik über Farbe, Sättigung, Transparenz und Textur dargestellt.

Gruppenzugehörigkeit durch Farbe Besonders menübasierte, grafische Systemen sind meist hierarchisch oder vernetzt realisiert. Dadurch ist eine Funktion, die als Unterpunkt in der Menüstruktur auftaucht, stets einem übergeordneten Menüpunkt zugeordnet. Als zusätzliche Orientierung sind solche Untermenüs beispielsweise in Abbildung 6.1 [38] entsprechend eingefärbt.

Darstellung mehrerer Dimensionen In der Informationsvisualisierung wird die Farbe häufig zur Darstellung eines Parameters verwendet. Eine zusätzliche Variation der Sättigung



Abbildung 4.7: Darstellung der fünf Untermenügruppen in rot, blau, grün, gelb und grau in des BMW iDrives eines 5er Baujahr 2003 [135]

ermöglicht dabei die Darstellung einer weiteren Dimension und damit eines abstrakten Parameters. Die *Newsmap*, eine Implementierung des *Treemap-Konzepts*, ist in Abbildung 4.43c dargestellt und zeigt über die Farbe die Rubrik und über die Sättigung die Aktualität der Nachricht an.

Identifikation formgleicher Objekte Haben verschiedene Objekte die gleiche Form, können sie wie oben beschrieben durch Farbe verschiedenen Kategorien zugeordnet werden. Die Textur gibt dem Anwender Hinweise zur Identifikation des Objektes selbst. In [56] ergibt eine Benutzerstudie, dass Anwender Internetseiten am Effizientesten durch eine örtliche und piktographische Anzeige in Form eines Minibilds wieder finden. Einige Programme verwenden Minibilder oder Briefmarken von Anwendungen, um den Bildschirmplatz zu optimieren, beispielsweise bei dem *DataMountain* [137] oder dem *Apple Expose* [18]. Bei Aktivierung werden über eine Animation alle offenen Fenster oder alle offenen Fenster einer Anwendung minimiert auf einer übergeordneten Ebene nebeneinander dargestellt, siehe Abbildung 5.14. Dadurch kann zwischen zwei Anwendungen schnell und auf eine angenehme Art und Weise gewechselt werden.

4.2.4. Transparenz

Transparenz bezeichnet die Fähigkeit von Materie, Lichtwellen hindurch zu lassen und gibt die Durchsichtigkeit eines Objekts an. Zusätzlich wird das Wort Transparenz auch

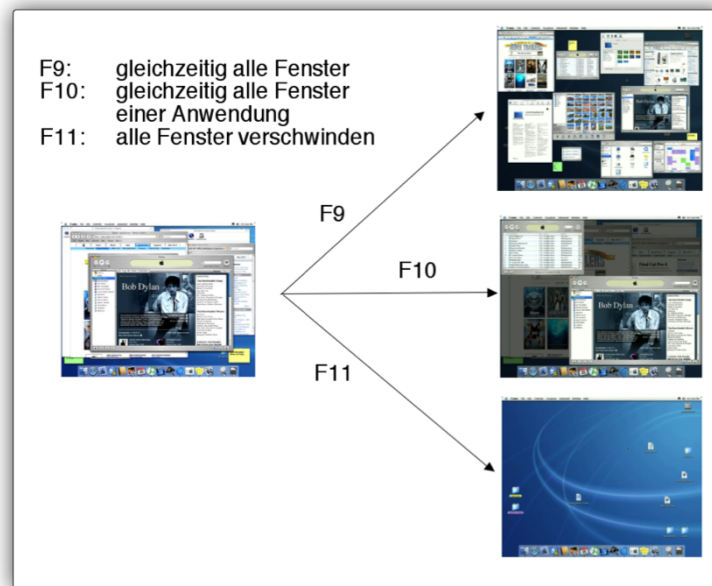


Abbildung 4.8: Konzept von Apple Exposé.

als Metapher für Durchschaubarkeit benutzt bzw. dass alle Informationen zu einem bestimmten Objekt verfügbar sind (vgl. der gläserne Mensch). Reale Gegenstände sind dann transparent, wenn entweder ihr Innenleben sichtbar gemacht wird oder durch das entsprechende Objekt verdeckte Objekte sichtbar sind. Der Grad der Wellendurchlässigkeit und damit der Durchsichtigkeit hängt vom Transparenzgrad ab. Dieser wird in der Computergraphik als *alpha-Wert* bezeichnet.

Permanente Menüs: Die Anzeige permanenter Menüs beispielsweise der Statusleiste kann durch eine transparente Darstellung unaufdringlich gehalten werden. In Abbildung 4.9 ist die transparente Statusleiste *Dock* [12] des Apple Betriebssystems abgebildet.



Abbildung 4.9: Die transparente Statusleiste *Apple Dock*.

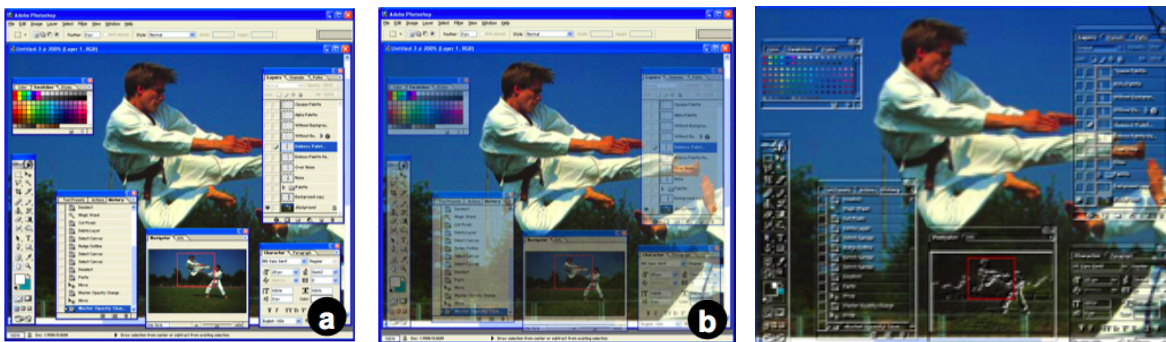
Übergeordnete Menüs: Übergeordnete Menüs, die lediglich kurzzeitig gebraucht werden, können auf einer zweiten transparenten Ebene, wie bei *Apple Dashboard* [11] angezeigt werden (siehe Abbildung 4.10). Die im Hintergrund liegende, halbtransparent sichtbare

Anzeige der eigentlichen Arbeitsoberfläche hilft dem Benutzer die Übersicht zu bewahren.



Abbildung 4.10: Das übergeordnete Menü *Apple Dashboard* auf einer transparenten Ebene.

Multiple Menüs: Die Anzeige von vielen Zusatzmenüs beispielsweise von Paletten in Grafikprogrammen erfordert zum einen viel Platz und kann zum anderen wichtige Arbeitsbereiche überdecken und unübersichtlich sein. Als Lösung ermöglicht die transparente Darstellung von Paletten, den nötigen Überblick, da die Überdeckung des Arbeitsbereichs minimiert wird und zeitgleich eine komfortable Bedienung der Paletten möglich ist, siehe [24].



(a) Verdeckung durch opake Darstellung der multiplen Unter-menüs.
 (b) Transparenzen durch Variati-on des *Alpha*-wertes.
 (c) Transparenzen per *Multiblending* variieren den Durchsichtigkeitsgrad und relevante Elemente bleiben erhalten.

Abbildung 4.11: Darstellung verschiedener Realisierungen von Transparenzen bei multiplen Menüs aus [24].

Relevanz: Die Relevanz eines Objekts kann durch die Transparenz verdeutlicht werden. Wichtige Elemente der graphischen Oberfläche werden opak dargestellt, unbedeutende dagegen durchsichtig. Dieses Konzept wird beispielsweise beim *Multiblending* eingesetzt,

das Untermenüs zwar transparent hält, wichtige Elemente aber durch eine blickundurchlässige Darstellung hervorhebt, siehe Abbildung 4.11c.

Hierarchie: Bei der Darstellung von Hierarchie als verschachtelte Objekte kann das übergeordnete Objekt, wie bei Rekimotos *Information Cube* [135] aus Abbildung 4.6 transparent dargestellt werden, um die untergeordneten Objekte sichtbar zu machen.

Anziehungskraft: In aktuellen Produkten, wie *Microsoft Vista* werden Transparenzen oftmals unter dem Aspekt des Designs eingesetzt.

4.2.5. Fazit

Die Analyse der visuellen physikalischen Eigenschaften hat ergeben, dass diverse Interaktionskonzepte Analogien zur Realität erfolgreich einsetzen. Eine Übersicht über die physikalischen Eigenschaften, ihre Bedeutung im Alltag sowie ihr Vorkommen und Potenzial für Interaktionskonzepte ist in Tabelle 4.1 dargestellt.

Die Form wird am ehesten mit einem Objekt selbst assoziiert und eignet sich daher als Vorlage für Metaphern, wie beispielsweise der Papierkorb. Die Größe visualisiert die Relevanz eines Objektes. Material und Transparenz die Anziehungskraft einer graphischen Bedienungsfläche entscheidend erhöhen. Über Material kann besonders die Zusammengehörigkeit oder Zugehörigkeiten von Objekten zu einer bestimmten Kategorie ausgedrückt werden. Transparenz eignet sich, um mehrere Anzeigen gleichzeitig zu organisieren und priorisieren.

Zusammenfassend ergeben die visuellen physikalischen Eigenschaften eines Objekts eine viel versprechende Basis für die Konzeption von graphischen Interaktionsmetaphern. Die Analyse hat gezeigt, dass für ein stimmiges Gesamtkonzept eine sinnvolle Verknüpfung einzelner physikalischer Faktoren zielführend sein kann.

4.3. Komposition einer Szene

Physikalische Gegenstände werden in einer Szene in einem umgebenden Bezugssystem, dem Hintergrund, positioniert und ausgerichtet. In der Computergraphik wird diese Umgebung als Weltkoordinatensystem bezeichnet. In dem Bezugssystem können die Objekte positioniert werden, also an verschiedenen Stellen in der Umgebung platziert werden. Des Weiteren können die Objekte ausgerichtet werden, das bedeutet im Raum um eigene Achsen gedreht werden. Nachdem in der physikalischen Welt bestimmte Gesetzmäßigkeiten gelten, beispielsweise Schwerkraft, sind Objekte in der Realität nicht willkürlich verteilt oder orientiert. In Tabelle 4.2 wird eine Übersicht über die Möglichkeiten der Komposition einer Szene, deren Bedeutung im Alltag und deren Verwendung in sowie deren Potenzial für Interaktionskonzepte gegeben.



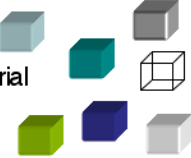

Visueller Faktor	Alltag	Interaktion	Potential
Form 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufforderungscharakter: wie ist das Objekt zu bedienen - Zusammengehörigkeit: von gleich aussehenden Objekten - Ähnlichkeit: der Eigenschaften gleich aussehender Objekte 	<ul style="list-style-type: none"> - Metapher: durch die Übertragung der Form - Konsistenz: durch gleiches Verhalten 	Hoch
Größe 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufforderungscharakter: über den Gebrauch des Objekts - Entfernung: durch relative Größe - Priorität: von näheren Objekten 	<ul style="list-style-type: none"> - Fokus und Relevanz: durch große Objekte - Kontext: durch kleine Objekte - Hierarchie: wird auf die Größe abgebildet 	Sehr Hoch
Material 	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften: Rückschluss durch Material - Zusammengehörigkeit: durch gleiches Material 	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammengehörigkeit: durch gleiches Material - Zusätzliche Parameter - Attraktivität: durch schönes Material 	Mittel
Transparenz 	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtbarkeit: von mehreren Objekten - Durchschaubarkeit: alle Informationen sind verfügbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanente Anzeigen: dezent halten - Viele Menüs: überschaubar halten - Hierarchie: übergeordnet und transparent - Relevanz: durch opake Darstellung - Attraktivität: durch gläserne Transparenz 	Hoch

Tabelle 4.1: Zusammenfassung visueller Faktoren physikalischer Eigenschaften, deren Bedeutung im Alltag, deren Vorkommen und Potenzial in Interaktionskonzepten.

4.3.1. Hintergrund und Umgebung

Die dreidimensionale Umgebung macht den zweidimensionalen Hintergrund einer Szene und damit das globale Bezugssystem aus, in dem physikalische Gegenstände angeordnet werden. Des Weiteren weckt die Umgebung eine Erwartung, welche Objekte in ihr enthalten sein können oder üblicherweise enthalten sind, beispielsweise in einer Küche oder Straßenszene. In einer räumlichen Umgebung können die Grenzen zwischen dem globalen Bezugssystem und den darin enthaltenen Elementen verschwimmen.

Im Zweidimensionalen wird die Umgebung häufig als Hintergrund bezeichnet, der Begriff Umgebung selbst wird eher mit einer räumlichen Darstellung verbunden.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

Landmarken: Die Art und Struktur der Umgebung kann dem Benutzer Anhaltspunkte, sogenannte *Landmarken*, zur Orientierung geben. Das Konzept des *DataMountains* [137] nutzt bunte Kreise auf der Ebene als Landmarken, um das räumliche Gedächtnis des Benutzers optimal zu unterstützen, siehe Abbildung 4.12.



Abbildung 4.12: Anordnung von 100 Webseiten in der Landschaft des *DataMountain* [137], der über bunte Kreise in der Ebene zusätzliche Orientierungshilfen bereitstellt.

Verschiedene Arbeitsräume: Der Wechsel zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen kann zusätzlich durch die Änderung der Umgebung und des Hintergrunds unterstützt werden. Der Anwender kann sich leichter orientieren. Eine Realisierung dieses Konzepts in dem Projekt *Looking Glass* von Sun ist in Abbildung 4.13 dargestellt [161].



(a) Arbeitsraum 1.



(b) Arbeitsraum 2.

Abbildung 4.13: Verschiedene Arbeitsräume in *Project Looking Glass* [161].

4.3.2. Position

Die Position gibt die Stelle an, an der sich das Objekt in der dreidimensionalen Welt befindet. In der Mathematik wird diese Stelle über die drei Koordinaten x , y und z in einem dreidimensionalen, kartesischen Koordinatensystem definiert.

4.3.2.1. Variation der Tiefenposition

Je mehr ein Gegenstand im *Vordergrund* einer Szene steht, desto größer und detaillierter wird er nach dem Gesetz der monokularen Tiefenkriterien dargestellt und dementsprechend wahrgenommen. Im Folgenden wird dargelegt, wie die Darstellung von Elementen in dreidimensionalen Benutzeroberflächen im Vorder- bzw. Hintergrund als konzeptueller Bestandteil eingesetzt werden kann.

Aufmerksamkeitssteuerung: Diverse Konzepte graphischer Bedienoberflächen benutzen diesen Effekt, z.B. bei Fehlermeldungen in überlappenden Fenstersystemen, wie in Abbildung 4.14, um die Aufmerksamkeit des Benutzers auf sich zu ziehen. Die betroffenen graphischen Elemente werden im Vordergrund platziert und der Tiefeneindruck wird durch Schattenwürfe unterstützt.

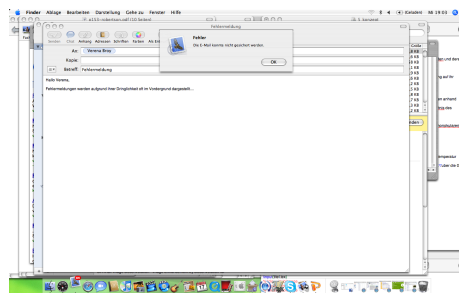


Abbildung 4.14: Fehlermeldung in dem *Apple* Betriebssystem *Tiger OS X*.

Detail und Überblick: Diverse *Detail und Kontext*-Strategien stellen im Vordergrund die detaillierten Informationen dar und bilden im Hintergrund den Überblick über die gesamten Daten ab, siehe Abbildung 4.5. Die Strategie wird beispielsweise in Abbildung 4.15a bei dem DataMountain angewandt, um das aktuelle Objekt lesbar zu gestalten und den Überblick über die Objekte im Hintergrund zu bewahren. Ähnlich dazu stellt der FilmFinder aus Abbildung 4.15c eine Filmbeschreibung detailliert im Vordergrund vor den restlichen Filmobjekten dar.

Fokus: Der Fokus des aktuellen Menüs kann durch eine Anzeige im Vordergrund effizient wahrgenommen werden. Das Beispiel aus Abbildung 4.16 verdeutlicht mit einem Schattenwurf die Räumlichkeit des im Vordergrund stehenden Objekts.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

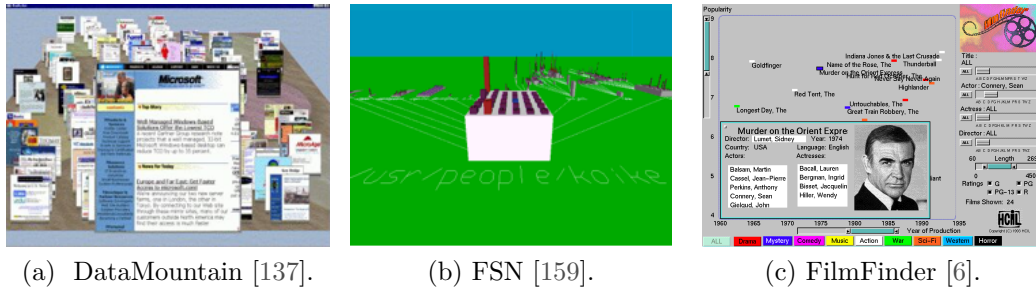


Abbildung 4.15: Objekte im Vordergrund sind detailliert dargestellt, der Hintergrund gibt Überblick über alle Daten.

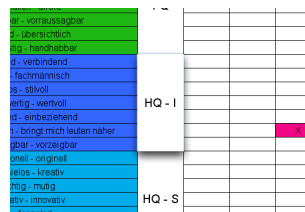


Abbildung 4.16: Screenshot des Programms *Microsoft Excel*. Die Zelle, auf der der Fokus liegt, ist im Vordergrund dargestellt.

Historie: Zeit kann mit Entfernung verknüpft werden, dabei werden die Objekte, die zeitlich entfernt sind, auch in einer örtlichen Ferne dargestellt. Ein Beispiel ist die *Time Machine* [20], eine Datensicherungsanwendung des *Mac OS Leopard*, siehe Abbildung 4.17 Ein anderes Beispiel stellt das Projekt *LifeStream* [149] dar, siehe Abbildung 4.18.



Abbildung 4.17: Vorschau auf *Apple Time Machine* [20].

4.3.2.2. Variation der gesamten Positionsvariablen

Des Weiteren können sich Gegenstände auf einer horizontalen oder vertikalen Ebene befinden. In diesem Fall ändert sich die Detailtiefe und Größe des Gegenstands nicht.

Fokus: Der Fokus kann gesondert zu den restlichen Gegenständen dargestellt werden, wie in dem Konzept *Lifestream* [149], das eine Desktopanwendung realisiert. Die Dokumente werden nach ihrer letzten Nutzung sortiert und das aktuelle Dokument an einer besonderen Position neben den restlichen Dateien dargestellt.

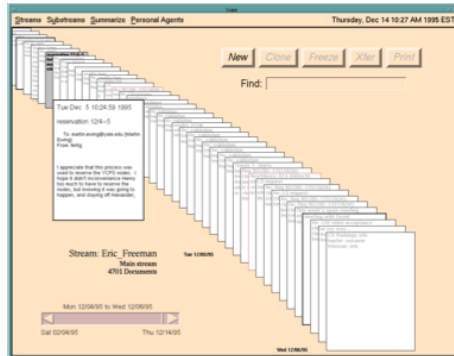


Abbildung 4.18: *LifeStream* fokussiert das aktuelle Dokument seitlich versetzt [149].

4.3.3. Orientierung

Ein dem Benutzer bekanntes Objekt kann aus nahezu jedem Blickwinkel eindeutig zugeordnet werden [83]. In diesem Zusammenhang spielt die Form des Gegenstands eine wichtige Rolle. Aus manchen Winkeln kann der Gegenstand leichter erkannt werden. Es können lediglich die Informationen der Seite aufgenommen werden, die zum Betrachter zeigt. Dient eine Seite des Objekts als Informationsträger, dann wird die Information abhängig von der Ausrichtung des Objekts entweder optimal, verzerrt oder gar nicht dargestellt.

Aktivität: Die optimale Ausrichtung und Darstellung der Information zeigt, dass der Gegenstand aktiv ist. Es wird eine komfortable Bedienung des aktiven Objekts ermöglicht. Deaktivierte Gegenstände werden durch eine verzerrte Darstellung gekennzeichnet. Der Winkel, in dem die Orientierung von der optimalen Anzeige abweicht, muss sorgfältig gewählt werden, damit die Information noch erkannt werden kann. Die *Task Gallery* in Abbildung 4.19a und das Projekt *Matodate* in Abbildung 4.19b realisiert dieses Konzept als Desktopanwendung. Das gleiche Prinzip wird bei einem *Internet Browser* in dem Projekt *Cubic Eye* [141] angewendet, siehe Abbildung 4.19c.

Gruppenbasiertes Arbeiten Beim gruppenbasierten Arbeiten in einem virtuellen Arbeitsraum müssen der persönliche Arbeitsbereich des einzelnen Anwenders sowie der gemeinsame Arbeitsbereich angezeigt werden. Unterschiedliche Orientierungen trennen diese

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

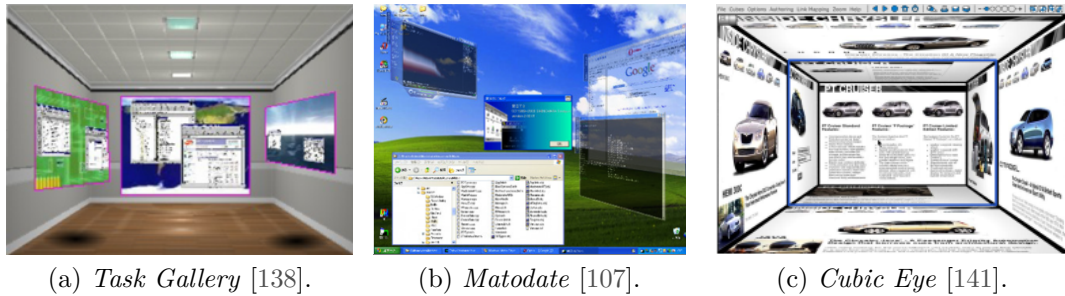


Abbildung 4.19: Die Objekte mit optimaler Ausrichtung sind aktiv, die seitlich rotierten Objekte sind inaktiv.

Bereiche. Der gemeinsame Arbeitsbereich wird optimal ausgerichtet im Zentrum angezeigt, die persönlichen Arbeitsbereiche der Benutzer werden seitlich rotiert. In einer Ausprägung des *CubicEye* [141] siehe Abbildung 4.20, wird dieses Konzept realisiert.

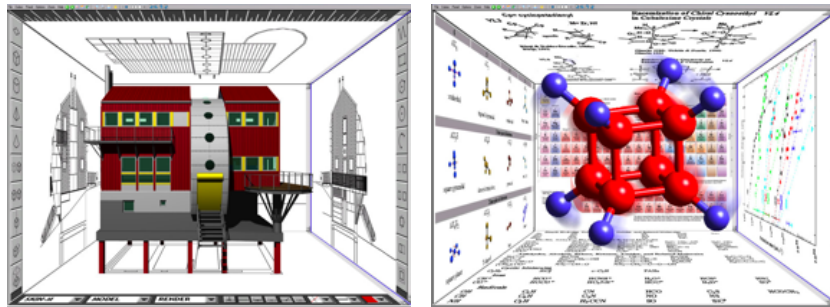


Abbildung 4.20: Der gemeinsame Arbeitsbereich ist optimal dargestellt, die persönlichen Anzeigen sind seitlich weggeklappt [141].

Verschiedene Sichten auf ein Objekt Auf seitlich rotierten Anzeigeflächen werden Informationen und Manipulationsmöglichkeiten zu einem zentral dargestellten, dreidimensionalen Objekt angeboten. Abbildung 4.21. zeigt zwei weitere Anwendungen des *Cubic Eye* [141].

4.3.4. Rückseite

Die Thematik der Rückseite von Objekten gehört zum Themenbereich der Orientierung und wird in diversen Interaktionskonzepten verwendet. Da die Rückseite ein sehr starkes Konzept ist, soll sie an dieser Stelle als eigener Punkt behandelt werden.



(a) Seitlich rotierte Anzeige von In- (b) Seitlich rotierte Darstellung von
 teraktionselementen. Informationen.

Abbildung 4.21: An den Wänden werden verschiedene Sichten auf das dreidimensionale Objekt in der Mitte angezeigt [141].

4.3.4.1. Rückseiten alltäglicher Gegenständen

Im alltäglichen Leben begegnet uns die Rückseite als Informationsträger an vielen Stellen. Im Folgenden werden die Kategorien vorgestellt, die anhand einer grundlegenden Analyse alltäglicher Gegenstände identifiziert werden konnten:

Detaillierte Informationen: In dieser Kategorie werden auf der Rückseite weitere und detaillierte Informationen über den entsprechenden Gegenstand gegeben. Abhängig von dem Gegenstand hat der Betrachter Erwartungen an die Art von Information, die auf der Rückseite dargestellt wird. Im Fall eines Buches wie in Abbildung 4.22 sind das beispielsweise eine Inhaltsangabe, Kritiken und Preis.



Abbildung 4.22: Vorderseite: Titel und Autor; Rückseite: Inhaltsangabe, Kritik und Preis

Allgemein zugehörige Informationen: Auf der Rückseite des betreffenden Gegenstands wird Information dargestellt, die aus dem gleichen inhaltlichen Kontext wie das Objekt stammt, aber keine Information über das Objekt selbst gibt. Etwa bei Frauenmagazinen

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

auf deren Rückseite Werbung für ein Damenparfum abgebildet ist, vergleiche Abbildung 4.23.



Abbildung 4.23: Vorderseite: Titelblatt eines Frauenmagazins; Rückseite: Werbung für ein Damenparfum

Verstecken der Vorderseite: Bei manchen Objekten hat die Rückseite die Aufgabe die Information, die auf der Vorderseite dargestellt ist, zu verstecken. Spielkarten wie in Abbildung 4.24 sollen sich beispielsweise für die gegnerischen Spieler nicht voneinander unterscheiden. Werden die Karten dennoch gekennzeichnet, spricht man von gezinkten Spielkarten.



Abbildung 4.24: Vorderseite: Kartenmotive; Rückseite: gleiches Bild

Identifikatoren: Die Information auf der Rückseite kann dazu beitragen, den Gegenstand selbst zu identifizieren, oder ihn einer bestimmten Kategorie zuzuordnen. Anhand der Rückseite kann beispielsweise festgestellt werden, zu welchem Kartenspiel eine Spielkarte gehört.

Notizen: Die Rückseite von Gegenständen kann sich dazu eignen, Notizen über das zugehörige Objekt vorzunehmen. Auf Rückseiten von Visitenkarten werden beispielsweise häufig Dinge vermerkt, die zu der betreffenden Person interessant sind.

Fortsetzung: Auf der Rückseite des Gegenstandes wird die Information der Vorderseite fortgesetzt beispielsweise bei einem Vertrag.

Äquivalenz: Auf der Rückseite des betreffenden Objektes werden äquivalente Informationen zu den Inhalten der Vorderseite dargestellt. Dazu werden Präsentationsform variiert, wie eine anderen Sprache oder eine bildhafte Darstellung. Ein Beispiel sind Straßenkarten auf deren Vorderseite eine kartographische Darstellung einer Stadt abgebildet ist und auf deren Rückseite sich das Straßenverzeichnis in alphabetischer Ordnung befindet. Zusätzlich ist es beispielsweise üblich Vokabeln zum Erlernen von Fremdsprachen auf Karteikarten zu schreiben. Auf der Vorderseite sind die Wörter in der einen, auf der Rückseite in der anderen Sprache aufgelistet.

Kontextuelle Abhängigkeiten: Die Information der Rückseite kann nicht nur von dem Gegenstand selbst abhängen, sondern auch von dem ihm umgebenden Kontext. Wenn sich beispielsweise eine Postkarte in einem Geschäft befindet, ist die Rückseite in der Regel leer. Es ist weder Text, noch Adresse oder Briefmarke auf der Rückseite. Wird die Postkarte dem Briefkasten entnommen, ist sie dagegen wie in Abbildung 4.25 mit Grußtext und Adresse beschrieben und mit einer Briefmarke beklebt.



Abbildung 4.25: Postkarte: unbeschriebene Rückseite im Geschäft, Bild auf der Vorderseite, beschriebene Rückseite im Briefkasten

4.3.4.2. Rückseiten in Interaktionskonzepten

Verschiedene Interaktionsansätze setzen die Rückseite auf divergente Art und Weise als konzeptuellen Bestandteil ein. Viele dieser Konzepte entsprechen einer der Kategorien, die in der Analyse der alltäglichen Gegenstände identifiziert wurden.

Notiz: In dem *Project Looking Glass* von Sun [161] können wie in Abbildung 4.26 Notizen auf die Rückseite von Webseiten in Form von Post-Its geklebt werden. Damit können Ideen und Gedanken zu einem Interaktionsobjekt, wie beispielsweise eine eMail, an dem Objekt selbst verwaltet werden, ohne in einer unorganisierten Menge von Notizen verloren zu gehen. Dieses Konzept entspricht in der realen Welt, der Kategorie der Notizen.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

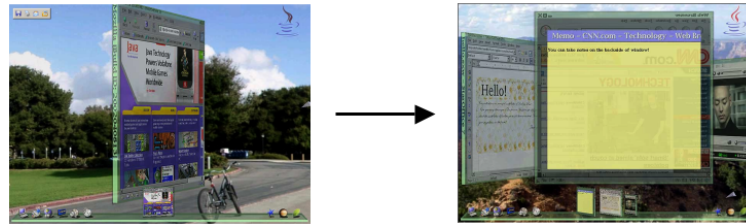


Abbildung 4.26: Notiz als PostIt auf der Rückseite eines dreidimensionalen Fensters im *Project Looking Glass* von Sun [161].

Untermenü: Das *Project Looking Glass* [161] realisiert zusätzlich die Navigation in Untermenüs durch das Springen des Fokus auf die Rückseite, wie in Abbildung 4.27. Dieses Konzept weist keine Äquivalenz zu realen Gegenständen auf.

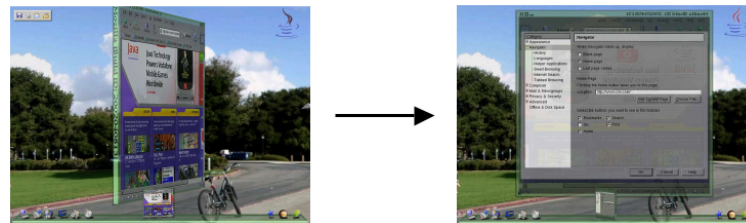


Abbildung 4.27: Navigation in ein Untermenü auf der Rückseite eines dreidimensionalen Fensters im *Project Looking Glass* von Sun [161].

Einstellungen: Das Programm *Dashboard* [17] aus Abbildung 4.28, das erstmalig 2005 in *Mac OS X Tiger* ausgeliefert wurde, stellt kleine graphische Anwendungsfenster zur Erledigung gängiger Aufgaben und zu einem schnellen Zugriff auf Informationen im Web bereit. Individuelle Einstellungen zu den jeweiligen Anwendungen werden auf deren Rückseite angeboten.

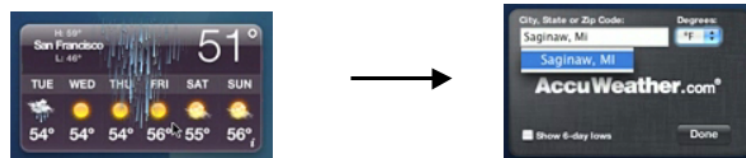


Abbildung 4.28: Einstellung der *Widgets* des *Apple Dashboard* auf der jeweiligen Rückseite [17].

Identifikator: In *HANDS*, einer gebrauchstauglichen Programmierumgebung für Kinder werden Daten über Spielkarten dargestellt [121], siehe Abbildung 4.29. Die Rückseiten dieser Spielkarten können ein Bild enthalten, das als zusätzlicher Identifikator dient.



Abbildung 4.29: Rückseite von Variablen haben ein Bild als Identifikator [121].

Kontextbezogene Informationen: Althoff et. al. entwickeln in [9] eine dreidimensionale Interaktionsoberfläche für ein FIS, die in Abbildung 4.30 abgebildet ist. Die Anwendung besteht aus vier Menüpunkten, die über verschiedene Farben gekennzeichnet sind. Die Elemente der Applikation setzen sich zusammen aus zwei radförmigen Schaltflächen, einer Listenanzeige in Walzenform und einer separaten Statusleiste. Auf der Rückseite der Listenwalze wird kontextbezogene Information angezeigt, beispielsweise auf der Rückseite des Telefonbuchs, wie in Abbildung 4.30, ein Ziffernblock oder detaillierte Verkehrsinformationen auf der Rückseite des Radiomenüs.



Abbildung 4.30: Darstellung eines Ziffernblocks auf der Rückseite eines Telefonbuchs in einem FIS [9]

4.3.5. Fazit

Die Umgebung sowie die Anordnung der Gegenstände in einer Szene wirken sich auf deren Interpretation aus. Es konnte ein hohes Potenzial für Interaktionskonzepte aufgezeigt werden. Eine Übersicht über die Umgebung und die Anordnung der Objekte, ihre Bedeutung im Alltag sowie ihr Vorkommen und Potenzial für Interaktionskonzepte ist in Tabelle 4.2 dargestellt.

Die Umgebung bildet ein Bezugssystem für die Objekte, gibt den Anwendern die Möglichkeit sich zu orientieren und definiert, welche Objekte darin enthalten sein können.

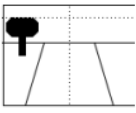



Szenenelemente	Alltag	Interaktion	Potential
Umgebung 	<ul style="list-style-type: none"> - Bezugssystem: für die Objekte einer Szene - Zugehörigkeit: von Objekten in eine Szene 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientierung: durch Landmarken - Arbeitsräume: selektieren die Anwendungen 	Mittel
Position 	<ul style="list-style-type: none"> - Entfernung: der Objekte vom Betrachter - Priorität: näherer Objekte 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufmerksamkeit und Fokus: durch wichtige Objekte im Vordergrund / Gesondert - Überblick: der gesamten Daten im Hintergrund - Historie: durch äquivalente Distanzanzeige 	Hoch
Orientierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevanz: ob ein Objekt zum Betrachter zeigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Aktivität: der zum Betrachter gedrehten Objekte - Zugehörigkeit: durch gleiche Ausrichtung - Sichten: verschiedene Sichten auf ein Objekt 	Hoch
Rückseite 	<ul style="list-style-type: none"> - Detaillierte Informationen: zu dem Gegenstand - Verstecken: der Information auf der Vorderseite - Identifikation: des Objekts - Notizen: zu dem Objekt - Fortsetzung: der Vorderseite - Äquivalenz: in einer andere Präsentationsform 	<ul style="list-style-type: none"> - Notizen: zu dem Objekt - Untermenü: auf der Rückseite - Einstellungen: zu dem Objekt - Identifikation: des Objekts 	Sehr Hoch

Tabelle 4.2: Zusammenfassung der Faktoren einer Szene, deren Bedeutung im Alltag, deren Vorkommen und Potenzial in Interaktionskonzepten.

Position und Ausrichtung geben hauptsächlich die Relevanz eines Objektes an. Letztlich ist die Rückseite ein starkes Prinzip zur Anzeige von Informationen. Eine fehlende Standardisierung und die Breite der Informationsinhalte in Interaktionskonzepten lässt noch kein allgemeines mentales Modell zu.

4.4. Inszenierung

Der Begriff *Inszenierung* stammt aus dem Theater. Dort bedeutete er gemäß der von August Lewald im 19. Jahrhundert geprägten Sichtweise: *In die Szene zu setzen* [181]. In diesem Kapitel geht es nicht um den Begriff der Inszenierung in diesem Sinn, ein dramatisches Werk vollständig zur Anschauung zu bringen. Die bislang statische Szenerie, die über eine Umgebung und Objekte verfügt, wird mithilfe von Licht, Schatten und

Bewegung verändert. Auditive Stilmittel, wie Klang, Geräusch und Ton, spielen bei der Inszenierung auch eine wichtige Rolle. Diese sollen aber im Weiteren nicht betrachtet werden, da visuelle Faktoren im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen.

4.4.1. Licht

In der Physik wird *Licht* als der sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung von ca. 380 bis 780 Nanometer Wellenlänge bezeichnet, siehe [68]. Licht ist ähnlich dem Feuer eines der bedeutendsten Phänomene für alle Kulturen. Künstliches Licht ermöglicht dem Menschen ein angenehmes und sicheres Leben bei terrestrischer Dunkelheit oder in fensterlosen Räumen.

4.4.1.1. Licht im täglichen Leben

Im Alltag kann zwischen zwei Arten von Licht unterschieden werden. Es existiert natürliches Licht, das den täglichen Rhythmus der Menschen bestimmt. Beispiele sind die Sonne und der Mond. Weiterhin gibt es natürliche Phänomene, die Licht erzeugen, dazu gehört Feuer, aber beispielsweise auch Glühwürmchen. Mit künstlichem Licht hat der Mensch die Voraussetzungen geschaffen durch Elektrizität Helligkeit zu erzeugen. Die Bandbreite von künstlichem Licht bezüglich Helligkeit, Farbe und Wärmeabstrahlung ist größer als bei natürlichem Licht. In [160] ist eine detaillierte Analyse über das Phänomen Licht im täglichen Leben, in Interaktionskonzepten und in der Computergraphik enthalten.

Sichtbarkeit Der Hauptzweck von Lichts ist das Erhellen in der Dunkelheit. Es werden verdunkelte und unsichtbare Dinge aufgedeckt. Der stehende Begriff „etwas ans Licht bringen“ verdeutlicht diesen Zweck.

Erzeugung von Stimmungen Licht setzt sich aus einer Vielzahl an Attributen zusammen, beispielsweise Lichtstärke, Intensität und Farbe. Durch deren unterschiedliche Konfiguration entsteht ein weites Spektrum an Lichtstimmungen. Redewendungen verdeutlichen den Einfluss verschiedener Lichtstimmungen, beispielsweise „etwas in einem anderen Licht erscheinen lassen“. Licht kann auf das menschliche Empfinden eine positive Wirkung haben, beispielsweise durch warme Lichtfarben, eine durchdachte Positionierung und eine angenehme Leuchtstärke. Lichtarchitekten beschäftigen sich mit der Inszenierung von Räumlichkeiten wie Museen und Gebäuden, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen. Der Künstler Dan Flavin verwendet Licht als zentrales Werkzeug seines Schaffens und erzeugt Stimmungen in puristischen Räumen allein durch die Variation von Lichtstärke, Farbe und Anzahl der Lichtquellen [175]. Abbildung 4.31 zeigt exemplarisch Auszüge aus Flavins Werk.

Licht kann ebenfalls unangenehme Gefühle erzeugen. Grelles und steriles Licht in Krankenhäusern erzeugt beispielsweise bei den meisten Menschen ein unangenehmes

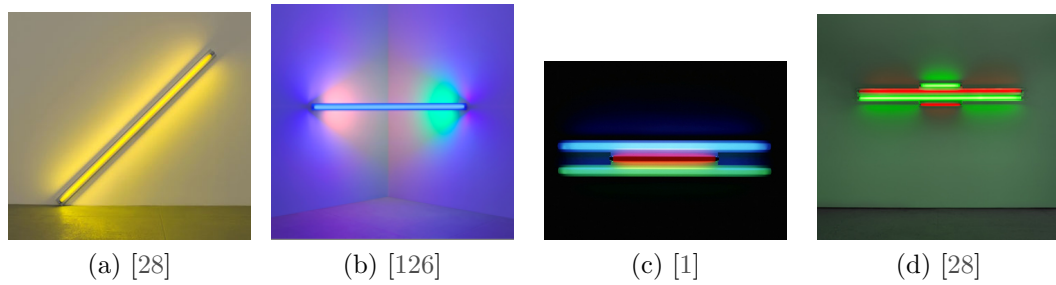


Abbildung 4.31: Dan Flavin's Installationen stehen unter dem Aspekt der Raumwahrnehmung durch Lichtkunst [175].

Gefühl. Andererseits wird diese Art des Lichts benötigt, um alle Details beispielsweise bei einer Verletzung oder Operation optimal sehen zu können. Licht kann im Extrem sogar als Verhör- und Foltermethode eingesetzt werden.

Lichtquellen Eine Lichtquelle ist der Ursprungsort von Licht. Es wird zwischen Punktlichtquellen und diffusen Lichtquellen unterschieden. Charakterisiert wird eine Lichtquelle zusätzlich durch ihre Abstrahlungsart, die rundumstrahlend oder gerichtet strahlend sein kann. Ein Spotlicht wird beispielsweise im Theater dazu eingesetzt, die Aufmerksamkeit der Zuschauer auf die relevanten Orte einer Szene zu steuern.

4.4.1.2. Licht in Interaktionskonzepten

Eine Reihe von graphischen Interaktionskonzepten setzen Licht als konzeptuellen Bestandteil ein. Es geht weniger darum, wie in der Computergraphik, Dreidimensionalität möglichst detailgetreu abzubilden, sondern Interaktionsmechanismen zu unterstützen.

Relevanz Die wichtigen und relevanten graphischen Elemente der Interaktionsoberfläche werden beleuchtet. *Apple Spotlight*, siehe Abbildung 4.32, realisiert die Anzeige von Treffern bei einer Suchanfrage über dieses Prinzip [19]. Liegt eine ungefähre Übereinstimmung mit dem Suchbegriff vor, wird ein Spotlicht mit einem weichen Übergang auf das graphische Element gerichtet. Bei einem Treffer mit höchster Relevanz ist das Spotlicht heller und hat einen harten Übergang.

4.4.2. Schatten

Schatten wird laut Duden folgendermaßen definiert: Schatten ist eine durch einen von der Lichtquelle getroffenen Körper verursachte dunkle Fläche auf der dem Licht abgewandten Seite dieses Körpers. Eine detaillierte Betrachtung des Phänomen Schatten in täglichem Leben, Interaktionskonzepten und Computergraphik kann in [160] nachgelesen werden.

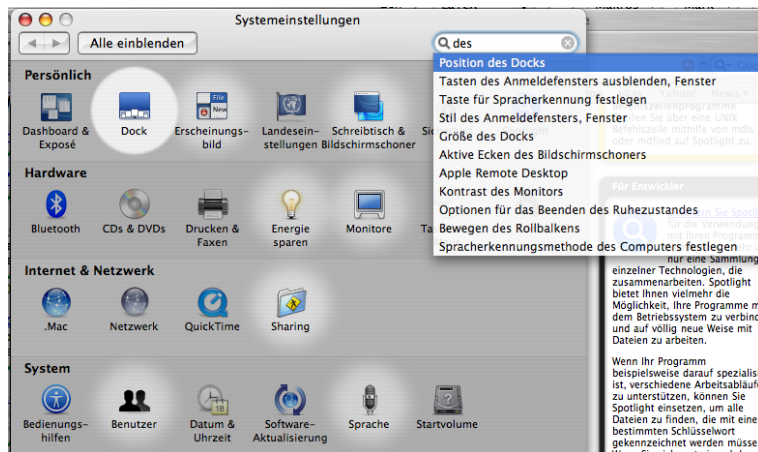


Abbildung 4.32: Darstellung von Treffern in der Suchmaske von *Apple Spotlight* [19].

4.4.2.1. Schatten im täglichen Leben

Ähnlich wie das Licht ist der Schatten Bestandteil des täglichen Lebens und jeder Mensch macht unabhängig von Demographie, Kultur und Bildung seine Erfahrungen mit diesem Phänomen. Nachdem Schatten eng mit dem Licht verknüpft ist, bedeutet er oft das Gegenteil von Licht, das meist mit positiven Emotionen verbunden wird.

Informationen Form, Helligkeit und Kontur der Schattenfläche sind abhängig von dem angeleuchteten Objekt, der Lichtquelle sowie der Anzahl der Lichtquellen. Dem Schatten können Informationen über die Größe und Form des angestrahlten Gegenstands entnommen werden.

Emotionale Wahrnehmung Der Begriff Schatten ist negativ behaftet und wird mit Düsterem und Dunklem assoziiert, was an Redewendungen wie „die Schatten der Vergangenheit“ gesehen werden kann.

Wahrnehmung räumlicher Tiefe Schatten spielen eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung räumlicher Tiefe. Die Erzeugung realistischer Schatten stellt in der Computergrafik einen wichtigen Forschungsgegenstand dar.

4.4.2.2. Schatten in Interaktionskonzepten

Die natürliche Verknüpfung zwischen einem Gegenstand und seinem Schatten wurde in diversen Interaktionskonzepten ausgenutzt.

Manipulation dreidimensionaler Objekte Ein Schatten ist eine zweidimensionale Projektion eines dreidimensionalen Objekts durch eine Lichtquelle [185]. Die Manipulation

dreidimensionaler Objekte in einer 2.5 D Ansicht auf einem Monitor stellt eine komplexe Aufgabe dar. Ein zweidimensionales Abbild kann diese Aufgabe vereinfachen. Bei den *Interactive Shadows* [91] werden durch Schatten zeitgleich drei zweidimensionale Projektionen des dreidimensionalen Gegenstands angezeigt, siehe Abbildung 4.33. Dies erleichtert dem Anwender die Manipulation in der jeweiligen Ebene.

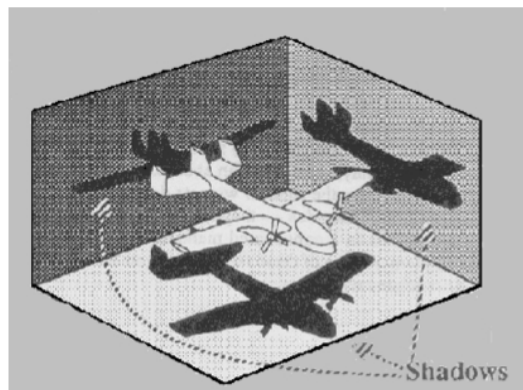


Abbildung 4.33: Manipulationsmöglichkeiten im Schatten des Objekts [91].

Anzeige von Informationen Aufgrund der natürlichen Verknüpfung eines Objekts mit seinem Schatten werden Informationen, die in diesem Schatten dargestellt werden, ebenfalls mit dem dreidimensionalen Gegenstand assoziiert [52], siehe Abbildung 4.34a.

Beispielsweise wird bei den *Illustrative Shadows* [136] die Beschreibung von Knochen in deren Schatten dargestellt, siehe Abbildung 4.34b. Die Schattentypen können zwischen monochromer, farbiger und gespiegelter Projektion variieren. Die Kombination der dreidimensionalen Darstellung mit zweidimensionaler Information, erlaubt die zeitgleiche Präsentation räumlicher Beziehungen und schematischer Beschreibungen. In *Shadows with a message* [52] wird eine Technik entwickelt, die eine optimale, verdeckungsfreie Darstellung von Informationen im Schatten von Objekten erlaubt.

Betonung räumlicher Tiefe Schatten werden in Interaktionskonzepten wie bereits erwähnt häufig verwendet, um dezent die räumliche Wirkung eines im Vordergrund stehenden Objekts zu verdeutlichen. Beispiele dazu finden sich in Abbildung 4.14 und 4.16.

4.4.3. Bewegung

Eine Bewegung kann die örtliche Veränderung der Position eines Objekts hin zu einer anderen Position bedeuten, eine Variation der gegenständlichen Ausrichtung oder seine Verformung über die Zeit. Parameter zur Bewegung sind die Geschwindigkeit, mit der die Bewegung erfolgt, sowie das Ausmaß der Gegenstandsveränderung. Bewegungen in

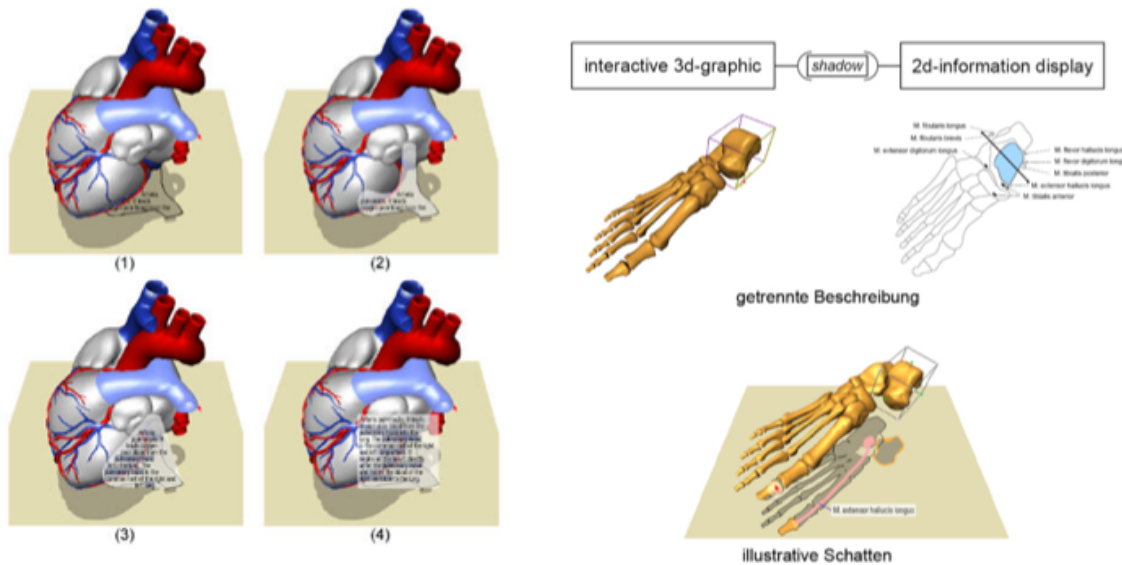
(a) *Shadows with a message* [52].(b) *Illustrative Shadows*[136].

Abbildung 4.34: Im Schatten werden Informationen zu dem betreffenden Objekt dargestellt.

einer Szene werden von einem menschlichen Betrachter unmittelbar wahrgenommen, da sich die Textur der Umgebung ändert.

In interaktiven Systemen wird die Bewegung in einer Szene als *Animation*, siehe Abschnitt 2.4.5, bezeichnet und auf verschiedene Art und Weise in Interaktionskonzepten eingesetzt.

Steuerung der Aufmerksamkeit Der Forschungsbereich der *Attentive User Interfaces* beschäftigt sich mit der aufmerksamkeitsregenden Eigenschaft von Animationen. Diese Systeme versuchen, die Aufmerksamkeit des Benutzers auf bestimmte Ereignisse zu steuern. [119] stellt ein *Attentive User Interface* für FIS vor, in dem der Eintritt bestimmter Ereignisse, beispielsweise eines Telefonanrufs, durch die Bewegung des entsprechenden Icons an den Fahrer kommuniziert werden. Durch ein Blickerfassungssystem wird detektiert, dass der Anwender das Ereignis durch den Blick auf das Icon registriert hat.

Im Desktopbereich existieren unter *Apple OS Tiger* ähnliche Ansätze. Beispielsweise hüpfert ein Icon in der Statusleiste wie in Abbildung 4.35 bei einer Fehlermeldung so lange, bis der Anwender zu dem entsprechenden Programm wechselt.

Rückmeldung über den Systemzustand Ein System muss bei zeitintensiven Rechenoperationen, die beispielsweise beim Öffnen eines Programms notwendig sind, Rückmeldung über den Systemzustand an den Anwender geben. Andernfalls hat der Anwender keinen Anhaltspunkt, ob das System seine Eingabe registriert hat. Eine unmittelbare System-

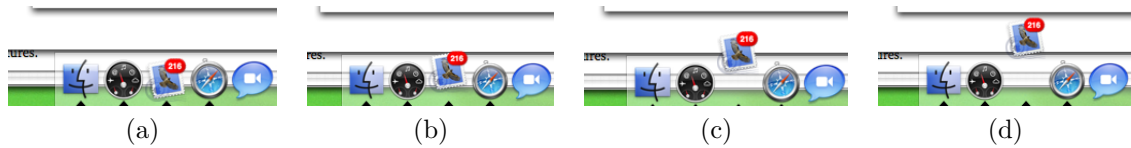


Abbildung 4.35: Das Springen des Icons für die eMail Anwendung in der Statusleiste des *Apple Mac OS Tiger* [13] gibt an, dass dort eine Fehlermeldung vorliegt.

rückmeldung, dass momentan gewartet werden muss, wird häufig über Animationen ausgegeben. In Desktopsystemen ändert sich beispielsweise der Mauszeiger bei *Apple Mac OS Tiger* in ein buntes drehendes Rad und bei *Microsoft Windows* in eine drehende Sanduhr. Beim Öffnen eines Programms springt bei *Apple Mac OS Tiger* das entsprechende Icon in der Statusleiste analog wie zur *Anziehung der Aufmerksamkeit*. Um diese Animation nicht mit der Animation einer Fehlermeldung zu verwechseln, hat diese Animation eine andere Frequenz und Ausdehnung.

Erklärung von Zusammenhängen Zustandsänderungen in rechnergestützten Systemen können für Anwender verwirrend und schwer nachvollziehbar sein. Eine Animation der Zustandsübergänge kann den Anwender unterstützen, einen Überblick über die Vorgänge in der Interaktionsoberfläche zu bewahren. In den *Apple Human Interface Guidelines* [13] werden Animationen zur Erklärung von Zustandsänderungen ausdrücklich empfohlen. Speziell Anfängern können bei der Einarbeitung Vorgänge in der Benutzeroberfläche erklärt werden und damit eine kurze Lernphase erreicht werden.

Beispiele aus den graphischen Benutzeroberflächen von *Microsoft Windows XP* und *Apple Mac OS Tiger* verdeutlichen das Potenzial von Animationen. Minimiert ein Anwender in *Microsoft Windows XP* ein Fenster, wird es abrupt als Icon in der Statusleiste dargestellt. Es wird kein Übergang visualisiert, und der entsprechende Ort in der Statusleiste muss erst gefunden werden. In dem System *Apple Mac OS Tiger* wird der Minimierungsvorgang eines Programms in die Statusleiste mithilfe einer Animation dargestellt. Das Fenster wird dynamisch verkleinert und zeitgleich in die Statusleiste positioniert. Der Benutzer hat den Eindruck, dass das Fenster in die Statusleiste gesaugt wird. Das leistet neben der Erklärung, dass sich die minimierte Version der Anwendung in der Statusleiste befindet, zusätzlich eine genaue Angabe der Position in der Statusleiste.

4.4.4. Fazit

Die Inszenierung einer Bedienoberfläche kann eine Szene bestehend aus Objekten und deren Umgebung in verschiedenste Stimmungen und Bedeutungen versetzen. Tabelle 4.3 fasst zusammen, welche Bedeutung Licht, Schatten und Bewegung im täglichen Leben haben, auf welche Art und Weise sie in Interaktionskonzepten eingesetzt werden und ob ein Potenzial für FIS erkannt wurde.




Physikalische Phänomene	Alltag	Interaktion	Potential
Licht 	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtbarkeit: von Objekten und Zusammenhängen - Emotion: Erzeugen von emotionalen Stimmungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevanz: relevante Objekte werden beleuchtet - Emotion: Erzeugen von emotionalen Stimmungen 	Hoch
Schatten 	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenhang: zwischen Objekt und Schatten - Verbergen: von Objekten im Schatten - Räumliche Tiefe: durch Schattenwurf - Emotion: Dunkelheit wirkt sich negativ aus 	<ul style="list-style-type: none"> - Manipulation: von Parametern durch Schatten - Information: zu einem Objekt in dessen Schatten - Räumliche Tiefe: durch Schattenwurf 	Hoch
Bewegung 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufmerksamkeit: wird durch Bewegungen angezogen - Zusammenhang: zwischen Zuständen 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufmerksamkeit: auf wichtige Ereignisse - Feedback: über Systemzustand - Zusammenhänge: werden visualisiert 	Sehr Hoch

Tabelle 4.3: Zusammenfassung visueller Faktoren physikalischer Eigenschaften, deren Bedeutung im Alltag, deren Vorkommen und Potenzial in Interaktionskonzepten.

Durch die Verwendung von Licht können relevante Bereiche ausgeleuchtet und damit schneller und angenehmer wahrgenommen werden. Die restlichen irrelevanten Bereiche bleiben sichtbar. Durch Schatten können zusätzliche Informationen in einem natürlichen Zusammenhang zu dem betreffenden Objekt angezeigt werden. Animation und Bewegung stellen eine starke Möglichkeit dar, die Aufmerksamkeit zu steuern und Zusammenhänge im Interaktionskonzept zu visualisieren. Letztlich werden in der Dramaturgie die Elemente der Inszenierung eingesetzt, um eine bestimmte Stimmung zu erzeugen. Es wird daher davon ausgegangen, dass gerade die *Attraktivität* von graphischen Interaktionskonzepten mit diesen Methoden besonders eindrucksvoll erhöht werden kann.

4.5. Fahrrelevante Gegenstände

FIS werden durch einen Autofahrer bedient, der zumindest die Fahrprüfung abgelegt haben muss. Eine Mindestauswahl der Gegenstände und Begriffe, die mit dem Autofahren verbunden sind, sind ihm vertraut. In der nachfolgenden Analyse soll dargelegt werden, welche derartigen Objekte bereits in Interaktionskonzepten verwendet werden und ob sie Potenzial für Metaphern in automobilen Umgebungen aufweisen. Im Folgenden werden

die beiden Themenfelder Landkarten und Fahrscene analysiert.

4.5.1. Landkarten

Die Landkarte ist ein wichtiges Konzept zur Darstellung von Informationen und dient als Vorlage eines Themenfelds zur Präsentation großer Datenmengen in der Informationsvisualisierung, siehe Abschnitt 2.4.3. Eine ausführliche Beschreibung dieser Thematik kann in der Diplomarbeit von Christopher Rölle [140] nachgelesen werden.

Die Kartographie ist eine alte Wissenschaft, deren Ursprünge weit zurückliegen. Eine der ältesten Karten stammt aus dem Neolithikum und ist die Wandmalerei einer Siedlung um 6200 vor Chr. Heutzutage gehört Kartenlesen zur Allgemeinbildung und stellt einen vertrauten Bestandteil des täglichen Lebens dar. Die Konventionen und Symbole sind ins Allgemeinwissen übergegangen. Eine Karte stellt im Allgemeinen die Projektion einer mehrdimensionalen Struktur auf eine niederdimensionale Darstellungsform unter Berücksichtigung des Maßstabs, der Position und der Symbolik dar.



(a) Straßenkarte von München [113].



(b) BMW Navigationssystem [113].

Abbildung 4.36: Physikalische und digitale Karten für das Autofahren.

4.5.1.1. Landkarten bei der Fahrzeugführung

Landkarten spielen bei der Führung von Kraftfahrzeugen eine wichtige Rolle, da sie die Navigation unterstützen. Straßenkarten und Autoatlanten gehören zu der Grundausstattung eines Fahrzeugs, die dem Beifahrer ermöglichen, die Navigationsaufgabe zu übernehmen und dem Fahrer Hilfestellung bei der Orientierung zu geben. Rechnerbasierte Navigationssysteme nehmen dem Fahrer die Navigationsaufgabe ab, indem durch das System in Realzeit Hinweise zur Richtung und Route gegeben werden. In höheren Ausstattungen wird zusätzlich eine Überblickskarte dargestellt, auf der die Route

gekennzeichnet ist. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Route anhand bestimmter Kriterien zu selektieren, wie beispielsweise *schnellste*, *schönste* oder *kürzeste* Route.

Landkarten stellen in digitaler oder analoger Form eine essentielle Unterstützung der Navigationsaufgabe besonders in unbekanntem Gebieten dar und sind Autofahrern geläufig.

4.5.1.2. Herkömmliche Landkarten

Im Folgenden sollen grundlegende Bestandteile von Landkarten definiert und wie in den vorherigen Kapiteln auf ihr Vorkommen und ihre Relevanz für Interaktionskonzepte analysiert werden [182].

Maßstab Der *Maßstab* ist das Verhältnis zwischen den abgebildeten Distanzen auf einer Karte und den entsprechenden Distanzen in der Realität. Der Maßstab steht in einem engen Zusammenhang mit dem Begriff der *Generalisierung*. Interaktionskonzepte, die allein den Maßstab ohne die gleichzeitige Veränderung der Generalisierung beinhalten, sind nicht bekannt und machen keinen Sinn.

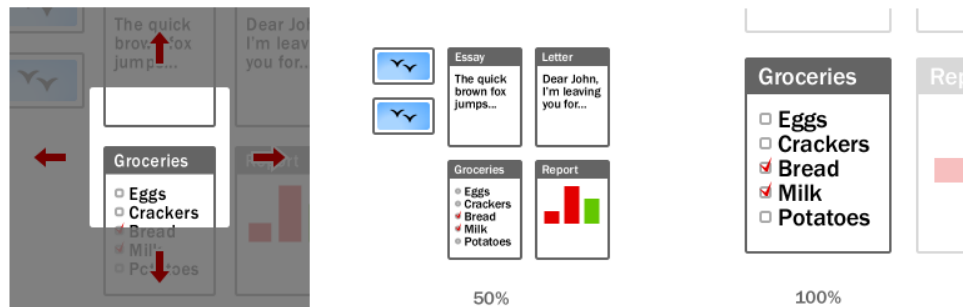
Generalisierung Zu jedem Kartenmaßstab muss eine adäquate und sinnvolle Menge an Informationen dargestellt werden. Ein Beispiel aus [182] verdeutlicht den Zusammenhang: können bei einem Maßstab von 1:25 000 einzelne Gebäude dargestellt werden, werden bei einem Maßstab von 1:100 000 Gebäude zu Gruppen zusammengefasst.

Zoomable User Interfaces beschäftigen sich mit der Variation des Maßstabs unter Anpassung der Informationsdichte durch den Benutzer. Die Hauptinteraktionsaufgaben bestehen dabei darin, zu *zoomen*, also den Maßstab zu variieren, und zu *pannen*, das heißt den sichtbaren Ausschnitt auf der Benutzeroberfläche zu verschieben. *Ivan Sutherland's Sketchpad* [162] verfügt als erstes Interaktionskonzept über eine *Zoom*-Funktionalität. Diverse Forschungseinrichtungen beschäftigen sich mit der effektiven Gestaltung von *Zoomable User Interfaces*, die als besonders intuitiv und effizient gelten, allerdings aufwendig in der Umsetzung sind.

Beim *Fisheye Zooming* wird der Maßstab und der Detailgrad der im Fokus stehenden Information vergrößert, wobei die umliegende Information erhalten bleibt und im herkömmlichen Maßstab detailärmer dargestellt wird.

Positionierung Die relative Entfernung zwischen zwei Punkten auf einer Landkarte gibt an, ob zwei Punkte nahe beieinander liegen oder weit voneinander entfernt sind. Da geographische Nähe meist große Ähnlichkeit in der Vegetation und der Landschaft bedeutet, gibt es verschiedene Interaktionskonzepte, die Ähnlichkeiten von Parametern über örtliche Nähe abbilden.

4. Analyse alltäglicher Gegenstände



(a) *Panning* über die Interaktionsfläche in zwei Richtungen. (b) Herauszoomen für einen Überblick. (c) Reinzoomen für eine Detailansicht.

Abbildung 4.37: Elemente eines *Zoomable User Interface* [156].

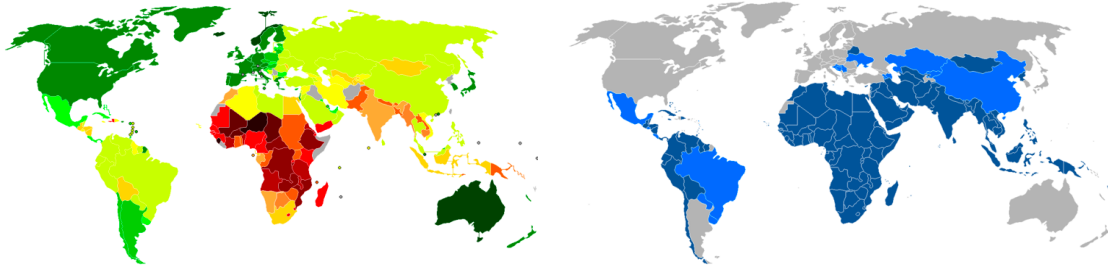
Sichten Karten bilden hochdimensionale Räume auf niederdimensionale Räume ab. Damit ist eine Selektion von darzustellenden Parametern verbunden, um eine zu hohe Informationsdichte zu vermeiden und um die Übersichtlichkeit zu bewahren. Die Parameter müssen sorgfältig ausgewählt werden, um Zusammenhänge herstellen zu können. Ein gutes Beispiel ist die *Cholera*-Karte von *Snow* [156] aus dem Jahr 1854, die den Zu-



Abbildung 4.38: Kennzeichnung der Wasserpumpen und Choleraerkrankungen in einem Londoner Viertel, aus [156].

sammenhang von Choleraerkrankungen und Wasserpumpen aufdeckt, siehe Abbildung 4.38. Durch eine Filterung können über derselben Topologie verschiedene Sichten realisiert werden. Solche Karten werden als *thematische Karten* bezeichnet und verbildlichen ein bestimmtes Thema. Im Gegensatz dazu dienen *topographische Karten* vor allem der Orientierung. Ein weiteres Beispiel sind die Karten einfacher Schulatlanten, die über die selbe geographische Topologie verschiedene Parameter, wie Temperatur und Wirtschaftsstandorte legen.

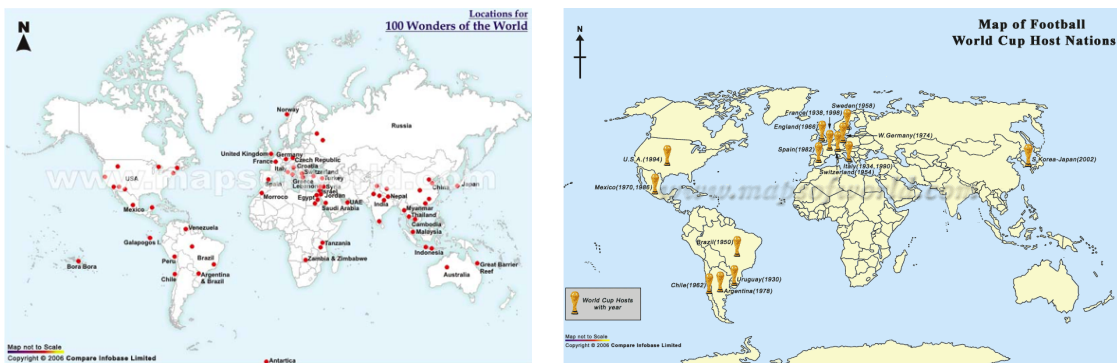
Hierbei kann zwischen *globalen Filtern*, die jedes Element der Karte betreffen, siehe Abbildung 4.39, und einer *Attributierung*, die bestimmte Objekte auszeichnet, siehe



(a) Darstellung des *Human Development Index* [187].
 (b) Mitglieder (dunkelblau) und Beobachter (hellblau) der *Non-Aligned Movement* [187].

Abbildung 4.39: Anwendung globaler Filter auf die Weltkarte zur Visualisierung bestimmter Themen.

Abbildung 4.40, unterschieden werden. Reiseführer kennzeichnen beispielsweise Hotels,



(a) Kennzeichnung der 100 schönsten Sehenswürdigkeiten [187].
 (b) Nationen, die die Fußballweltmeisterschaft gewonnen haben [187].

Abbildung 4.40: Kennzeichnung von Kartenelementen, die ein bestimmtes Kriterium erfüllen.

Restaurants, Kirchen und Museen mithilfe verschiedener Attributsymbole.

4.5.1.3. Informationsgraphik

Die ursprüngliche Idee einer Landkarte besteht darin, topologische und geographische Informationen zur Orientierung, Planung und Kommunikation abzubilden. Die Projektion eines mehrdimensionalen Informationsraums auf eine zweidimensionale Karte kann ebenfalls Informationen abbilden, die nicht zwingend geographisch sind. Topologien werden über andere Parameter als über die geographische Ordnung geschaffen. Eine *Informationsgraphik* ist die visuelle Repräsentation von Gesamtzusammenhängen in einer Abbildung und hat sich geschichtlich aus dem barocken Frontispiz und der thematischen Kartographie entwickelt. In Tufte [167] sind diverse Informationsgraphiken sowie

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

ihre geschichtliche Entwicklung dokumentiert, beispielsweise die Abbildungen 4.41 und 4.42.



(a) Ursprünglicher U-Bahn Plan von London [156]. (b) Lösung der geographischen Ordnung von der Topographie und deren Schaltplan-ähnlicher Abbildung [156].

Abbildung 4.41: Umgestaltung des Londoner U-Bahn Planes durch Harry Beck.

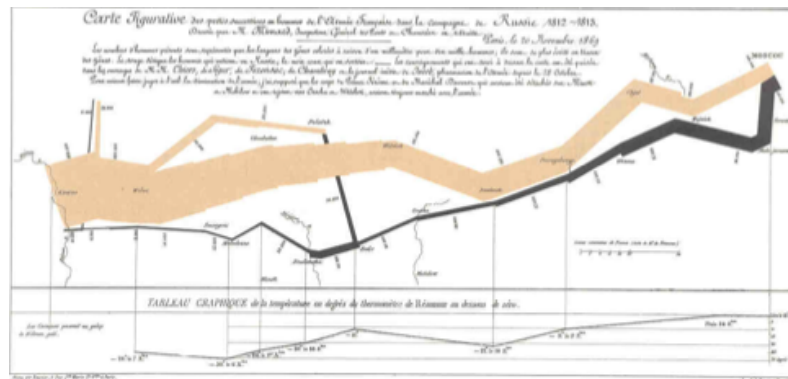
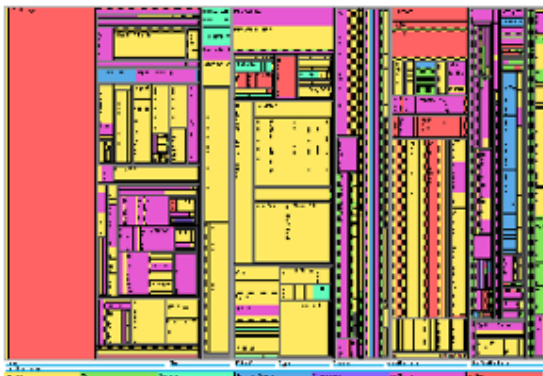


Abbildung 4.42: Darstellung von sechs Parametern (Weg, Temperatur, Bewegungsrichtung, Truppenstärke) des Rußlandfeldzuges von Napoleon durch Minard, aus [167].

4.5.1.4. Karten in der Informationsvisualisierung

Die Darstellung großer Datenmengen stellt ein umfangreiches Kapitel der Informationsvisualisierung dar, siehe Abschnitt 2.4.3. Es werden beispielsweise künstliche Landschaften durch die Erzeugung von Ähnlichkeiten über Parameterdistanzen berechnet. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die existierenden Ansätze gegeben werden, ausführliche Informationen zu dieser Thematik befinden sich in [51, 140, 155, 156].

Treemap Die Technik der *Treemap*-Visualisierung entstand am *Human Computer Lab* der *University of Maryland* [154, 153]. Jedes Objekt wird als farbiges Rechteck dargestellt, dessen Seitenlängen, Größe, Farbe und Sättigungsgrad an Parameter des Objekts gebunden sind. In der ursprünglichen Entwicklung wurden Treemaps zur Visualisierung eines Dateisystems, siehe Abbildung 4.43a, entwickelt. Der Grundgedanke lässt sich problemlos auf andere Anwendungsfälle übertragen und es existieren zahlreiche Umsetzungen dieses Konzepts, siehe Abbildung 4.43.



(a) Dateisystem [154].



(b) Lieblingskaffeesorten [153].



(c) Nachrichten [173].

Abbildung 4.43: Verschiedene Ausprägungen der TreeMap.

SOMS - Self Organizing Maps *Selbstorganisierende Karten* werden auch *Kohonenetze* [186] genannt und bezeichnen eine Topologie, die über künstliche neuronale Netze gebildet wird. Die Topologie wird auf einer Karte abgebildet und zugefügte Objekte

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

bestimmen ihre Position auf der Karte über ihre Parameterkonfiguration. Objekte mit ähnlichen Eigenschaften hinsichtlich der Sortierkriterien werden auf der Karte in der entsprechenden Nähe angeordnet. Implementierungen von SOMs bilden Nachrichten (Abb. 4.44a), Dokumentensammlungen (Abb. 4.44b) und Internetnutzung (Abb. 4.44c) ab.

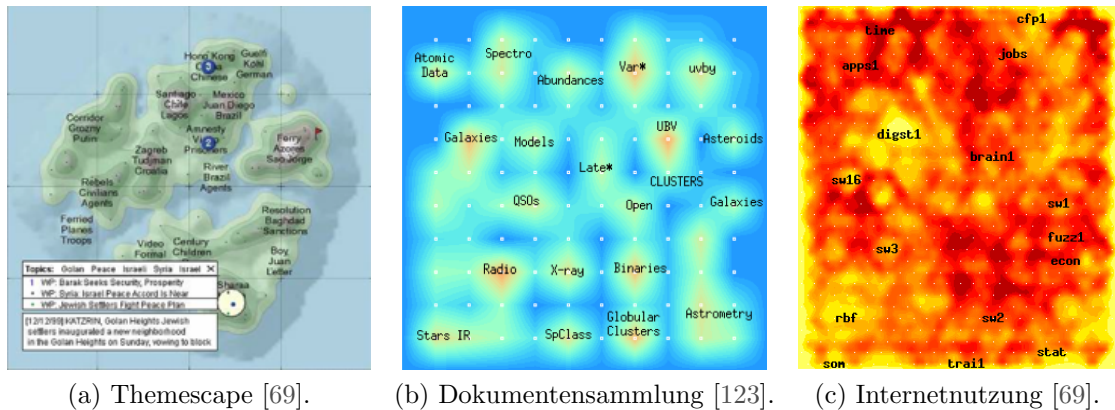


Abbildung 4.44: Beispiele zu selbstorganisierenden Karten.

Musiklandschaften Das auditive Entertainment spielt während des Autofahrens eine wichtige Rolle. Heutzutage haben portable Musiksammlungen enorme Ausmaße angenommen. Es können beispielsweise auf einem iPod mit 80GB bis zu 25000 Titel gespeichert werden [15]. Die Visualisierung umfangreicher Musikarchive durch kartographische Metaphern ist daher ein interessanter Forschungsgegenstand für die vorliegende Arbeit.

Die Topologie einer Musiklandschaft kann über eine Ähnlichkeitsanalyse der Musikdaten berechnet oder über Metadaten gebildet werden. Im Folgenden werden Ansätze beschrieben, die selbstorganisierende Karten über Audioanalysen erstellen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Thematik befindet sich in [140].

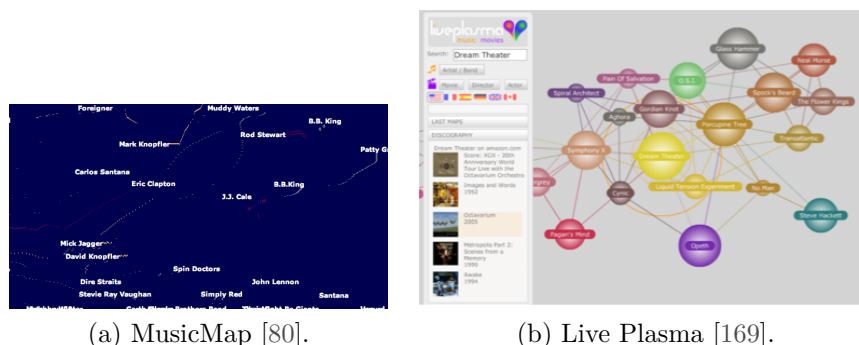
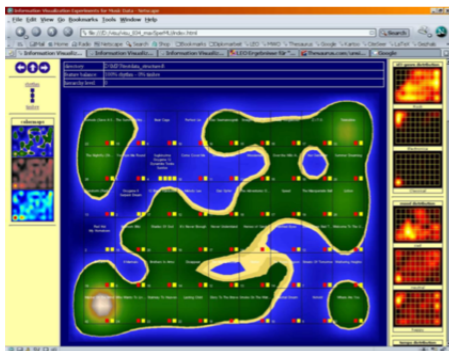
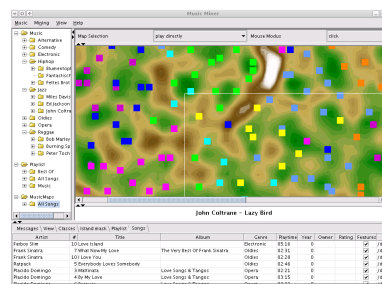


Abbildung 4.45: Musiklandschaften auf Basis von Ähnlichkeitsanalysen über Interpreten.

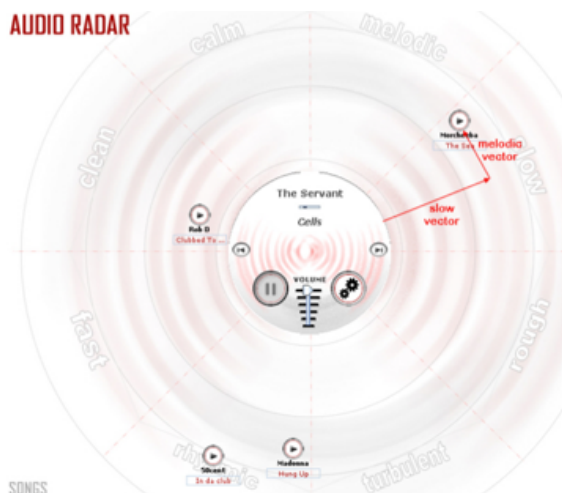
Music-Map.com [80] berechnet musikalische Distanzen zwischen Interpreten und zeigt die Distanz zwischen einem Interpreten und seinen Nachbarn zweidimensional und textbasiert an. Das Projekt *Liveplasma* [169] funktioniert ähnlich wie *Music-Map.com*. Es erweitert die textbasierte Darstellung über die Visualisierung weiterer Parameter wie Umfang (Popularität) und Farbe (Verwandtschaft zwischen Künstlern). Die beiden Konzepte sind in Abbildung 4.48 mit dem Künstler *Eric Clapton* exemplarisch dargestellt.



(a) Masterthesis Schedl [143].



(b) Music Miner [112].



(c) Audio Radar [92].



(d) Map of Mozart [131].

Abbildung 4.46: Musiklandschaften auf Basis von Ähnlichkeitsanalysen über einzelne Titel.

Die Musiklandkarten von Markus Schedl [143] und dem Projekt *MusicMiner* der Universität Marburg [112] stellen Musikstücke als Insellandschaft dar und ermöglichen verschiedene Sichten auf den Datenbestand. Eine Sortierung anhand der emotionalen Qualität von Musikstücken wird in dem Projekt *AudioRadar* [92] umgesetzt, durch dass sich der Benutzer in acht emotionale Richtungen navigieren kann. Die *Map of Mozart* visualisiert eine selbstorganisierende Karte der Werke von W.A. Mozart, die über verschiedene Sichten und eine Zoomfunktionalität verfügt [131]. Die Umsetzungen sind in Abbildung

4. Analyse alltäglicher Gegenstände

4.46 dargestellt.

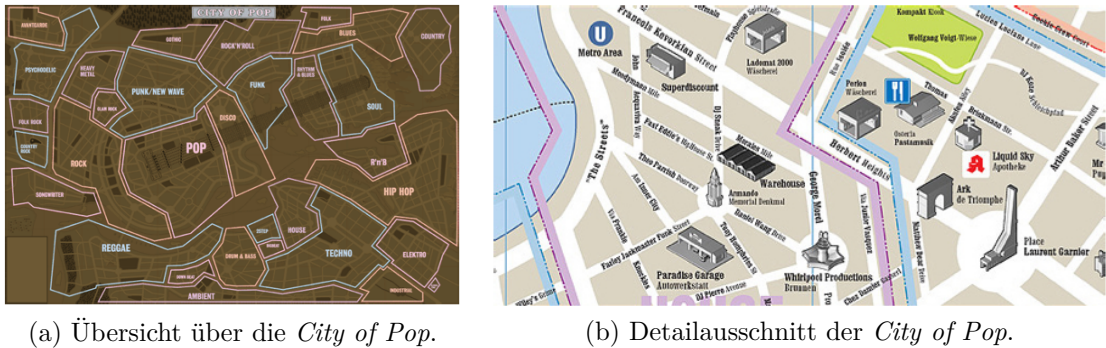


Abbildung 4.47: Die *City of Pop* ist in der Zündfunkredaktion des Bayerischen Rundfunk entstanden [134].

Ansätze, die Musiklandschaften über andere Kriterien als über Audioanalysen erstellen, sind die *City of Pop* und die *AudioMap*. Die *City of Pop* ist durch eine Zusammenarbeit verschiedener Musikredakteure des Bayerischen Rundfunks entstanden. Sie dient als Überblick über die populärsten Musikgenres und deren Künstler, die als Straßen, Flüsse oder Gebäude dargestellt sind [134], siehe Abbildung 4.47.

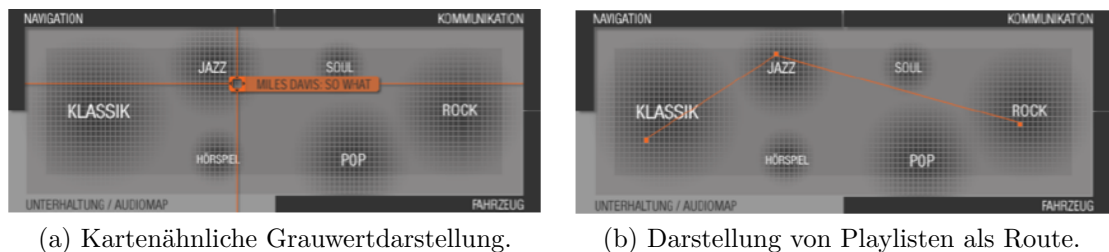


Abbildung 4.48: Die *Audio Map* aus [98].

In [98] wird die *AudioMap* vorgestellt, die innerhalb einer designerischen Neugestaltung eines FIS unter anderem eine Musiklandschaft als Präsentationsform graphisch skizziert. Auf einer Graustufenkarte wird die Anzahl der Titel in einem Genre als dunkle Berge gezeichnet, siehe Abbildung 4.48a. Playlisten werden als Musikrouten durch die Landschaft konzipiert, siehe Abbildung 4.48b.

4.5.2. Fahrszenerie

Verschiedene Theorien beschäftigen sich mit der Wahrnehmung von aktiven Bewegungen, die ein Individuum ausführt und den Beziehungen des sich bewegenden Individuums

zu seiner Umwelt. Auf dieser Basis zieht Gibson weitreichende Schlussfolgerungen für die ökologische Wahrnehmungspsychologie [81].

Im Rahmen der Arbeit wird speziell die Fahrscene in diesem Zusammenhang betrachtet. Die Fahrscene ist der Ausschnitt der Wirklichkeit, die sich dem Fahrer beim Blick durch die Windschutzscheibe erschließt. Die Fahrscene ist eine Ausprägung einer räumlichen Szene und setzt sich aus den enthaltenen Objekten, der Umgebung und der Inszenierung zusammen. Gegenstände, die sich in einer Fahrscene befinden sind Verkehrsschilder, Ampeln und die umgebenden Verkehrsteilnehmer. Der Hintergrund einer Fahrscene ist von dem Fahrkontext abhängig, ob es sich um eine Stadt-, Autobahn- oder Landstraßenfahrt handelt. Generell sind die eigene Fahrspur sowie die Fahrbahnbegrenzungen und der Horizont Teil des Hintergrunds. Die Inszenierung gibt an, ob es sich um eine Nacht- oder Tagesfahrt handelt sowie welche Verkehrsteilnehmer wo vorhanden sind. Im Folgenden sollen Elemente der Fahrscene als Interaktionsobjekte in FIS untersucht werden.

4.5.2.1. Umgebung

Es existieren Interaktionskonzepte, die eine egozentrische Navigation durch eine dreidimensionale Interaktionswelt realisieren. Da die Ansicht sowie die Funktionsweise einer solchen Navigation starke Ähnlichkeit zur Fahraufgabe aufweist, wird angenommen, dass derartige immersive Konzepte Interferenzen mit der Fahraufgabe erzeugen.

4.5.2.2. Verkehrsschilder

Verkehrsschilder haben eine direkte Assoziation mit Warnungen, Regeln und Empfehlungen zur Folge. Dieses Wissen wird bei der Führerscheinprüfung abgefragt. Immer wieder werden Verkehrsschilder als Informationsträger eingesetzt, zum Beispiel ein Baustellenschild, um anzuzeigen, dass sich eine Internetseite im Aufbau befindet

Die Verwendung von Verkehrsschildern eignet sich für FAS, um den Fahrer Informationen oder Warnungen anzuzeigen, die in unmittelbarem Zusammenhang zur Fahraufgabe stehen. In FIS könnten durch die Verwendung von Verkehrsschildern in Interaktionskonzepten Verwechslungen entstehen. Beispielsweise könnte ein Stoppschild bei Funktionen angezeigt werden, die während der Fahrt nicht bedienbar sind. Der Fahrer könnte verwirrt sein, ob sich das Stoppschild auf die aktuelle Fahrsituation bezieht oder auf den Inhalt des FIS.

4.5.2.3. Fahrzeug

Das Fahrzeug selbst kann als Metapher dienen, um beispielsweise Informationen über das Fahrzeug abzurufen, wie in der *Mercedes S-Klasse* [109]. Eine Bedienung von geringen Umfängen der Bedienungsanleitung sind hier verfügbar. Des Weiteren werden Abbildungen von Autos bei FAS, wie bei dem *PDC* (Abbildung 4.49a) oder *ACC* (Abbildung 4.49b) eingesetzt, um das eigene Fahrzeug in Relation zur Umgebung zu setzen.

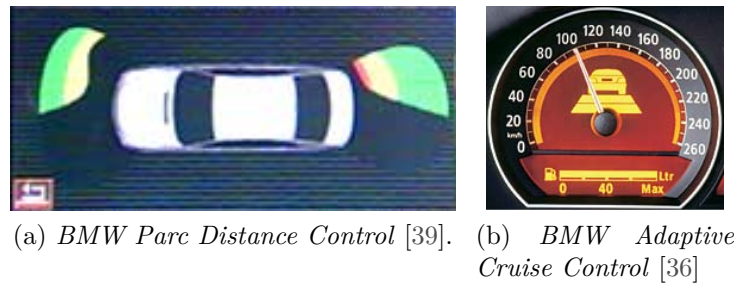


Abbildung 4.49: Verwendung von Automobildarstellungen in Interaktionskonzepten.

4.5.3. Fazit

Die Analyse zeigt, dass Landkarten zum Allgemeinwissen gehören und ein mächtiges Instrument zur Anzeige großer Informationsmengen auf verhältnismäßig kleinem Raum sind. Von der kartographischen Visualisierung wird ein großes Potenzial für FIS erwartet.

Die Benutzung fahrrelevanter Gegenstände hat zum einen den Vorteil, dass der Fahrer mit diesen Objekten vertraut ist. Auf der anderen Seite sind diese Gegenstände mit festen Informationen assoziiert und eine Verwendung von der Fahrszenerie selbst oder Verkehrsschildern in einem anderen Zusammenhang als in der Fahraufgabe kann zu Verwechslungen mit der eigentlichen Fahraufgabe führen. Eine Verwendung dieser Gegenstände als Vorlage von Metaphern kann in FAS zielführend sein, da in diesem Themenbereich Informationen über die Fahraufgabe selbst vermittelt werden sollen.

4.6. Zusammenfassung

Die Analyse der visuellen Eigenschaften von physikalischen Gegenständen zeigt deren großes Potenzial als Metaphernvorlage sowie bei der Verdeutlichung von Metaphern. Diverse Interaktionskonzepte setzen dies konzeptuell ein. Es existiert eine Reihe von Implementierungen. Allerdings fehlt es an einer Standardisierung, die es Benutzern erlaubt ähnlich zur realen Welt Erfahrungen in Interaktionswelten zu sammeln und auf andere Interaktionskonzepte zu übertragen, wie das Beispiel der Rückseite zeigt. Bei anderen Elementen wird dagegen bereits eine angehend einheitliche Nutzung angenähert, beispielsweise die vergrößerte Darstellung relevanter und die verkleinerte Darstellung irrelevanter Information.

Einige der vorgestellten Konzepte lassen daher großes Potenzial hinsichtlich der Konzeption benutzerzentrierter FIS vermuten. Die Analyse alltäglicher und fahrtbezogener Gegenstände hat gezeigt, dass ausgewählte Mechanismen als konzeptionelle Bestandteile in graphischen Benutzeroberflächen bereits eingesetzt werden und zur Erstellung intuitiver Metaphern eignen. Es konnte großes Potenzial insbesondere bei der Positionierung und der Ausrichtung dreidimensionaler Gegenstände, dem Einsatz von Licht und Schat-

ten sowie bei der Darstellung großer Informationsmengen als Landkarten identifiziert werden. Im folgenden Kapitel 5 wird ein graphisches, benutzerzentriertes Konzept erarbeitet, das auf den Erkenntnissen der Analyse aufbaut und die vielversprechendsten Gegebenheiten als gestalterische Elemente einsetzt.

5. Konzeption eines graphischen 3D FIS

Abgeleitet aus der Analyse werden dreidimensionale Interaktionsmetaphern, erklärende Animationen und kartographische Visualisierungen entwickelt.

Aufbauend auf die beiden Kapitel Grundlagen und Analyse werden Interaktionskonzepte erarbeitet, die speziell den Anforderungen einer automotiven Umgebung und der Lösung der Probleme von FIS, siehe Abschnitt 2.3.7, gerecht werden sollen. Die Nutzung elementarer Sachverhalte des täglichen Lebens und der Fahrumgebung als Vorlage für Interaktionsmetaphern hat in der Analyse ein hohes Potential zur Optimierung der Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität von graphischen Interaktionskonzepten gezeigt. Ein verbessertes mentales Modell soll durch kognitive Fähigkeiten, wie dem räumlichen Erinnerungsvermögen, verknüpft mit bildlichen Darstellungen gefördert werden.

Es wird ein graphisches, dreidimensionales Interaktionskonzept für FIS mit dem Namen 3D iFlip entwickelt. Eine perspektivische Menüanordnung gibt den Benutzern einen Anhaltspunkt, um sich eine grobe Übersicht über den Menüstatus zu verschaffen, und eine Erinnerungshilfe, um Funktionen effizient wieder zu finden. Durch Darstellung von Information auf der Rückseite wird ein Konzept aus der realen Welt auf die Interaktionsumgebung übertragen, dass das räumliche Erinnerungsvermögen ausnutzt. Zusätzlich wird die Menüführung durch den gezielten Einsatz von Licht und Schatten emotional aufgewertet. Orientierung in der graphischen Oberfläche und Attraktivität des Interaktionskonzepts sollen erhöht werden. Dem Bedürfnis nach individuellen Schnellzugriffen wird in einem spiral- und einem listenbasierten Favoritenmenü Rechnung getragen. Abschließend adressiert ein kartographischer Ansatz namens MusicMap die Problematik der Darstellung langer Listen auf kleinen Displays.

5.1. 3D iFlip - Perspektivische Menüanordnung

Die Anordnung von graphischen Interaktionselementen in Menüs ist abhängig von der Dialogstruktur und von den darzustellenden Elementen selbst. Eine Analyse gängiger FIS identifiziert zu Beginn eine allgemeine, graphische Struktur, auf der die Konzeption einer dreidimensionalen Präsentation basiert. Im Folgenden soll die Konzeption des dreidimensionalen Aspekts von 3D iFlip vorgestellt werden.

5.1.1. Identifikation einer Grundstruktur

Zum Zeitpunkt der Analyse, Frühjahr 2004, sind die FIS, die auf dem neusten Stand der Technik sind, das *BMW iDrive* der *BMW 5er Serie* [38] und das *Audi MMI* des *A8* [21]. Zusätzlich existiert die graphische Bedienoberfläche des Projektes *MIAMII* bei der *BMW Forschung und Technik GmbH* [130], das eine prototypische FIS Umgebung zur Erprobung neuer Interaktionstechnologien darstellt.

Die Interaktionsoberfläche setzt sich aus einer Hauptinteraktionsfläche und vier zusätzlichen Menüs zusammen, siehe auch Abschnitt 2.3.6, in dem eine semantische Analyse von FIS vorgenommen wird. Dabei sind die vier Hilfsmenüs in den vier Himmelsrichtungen entweder an den Seiten, *BMW iDrive* und *MIAMII*, oder in den Ecken, *Audi MMI*, angebracht, siehe Abbildung 5.1.

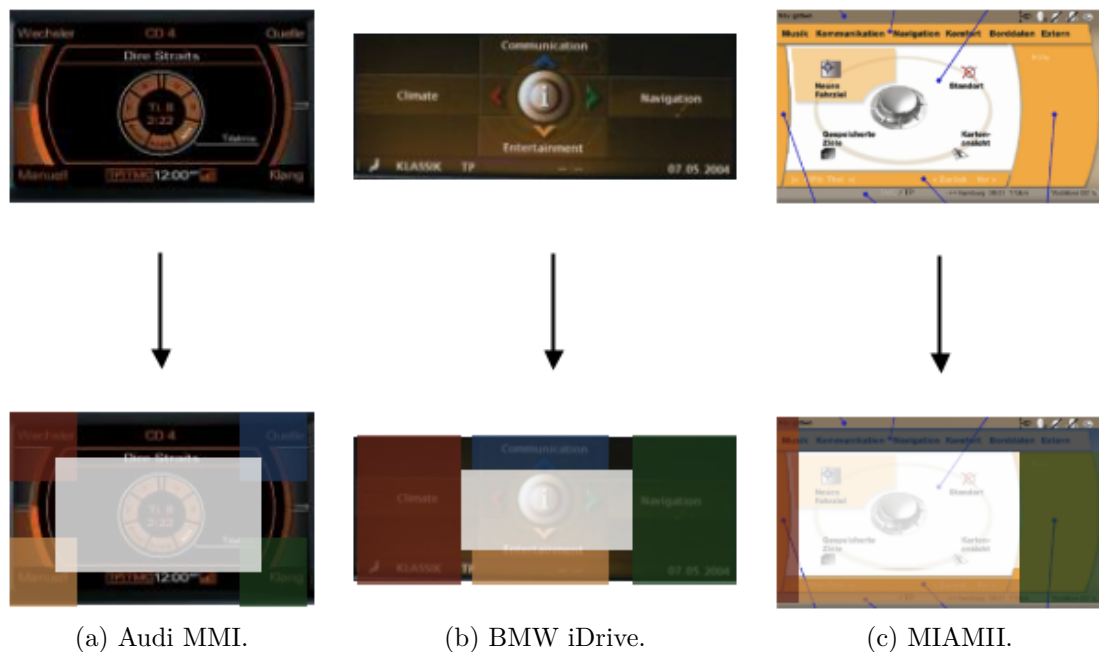


Abbildung 5.1: Es lassen sich in allen Konzepten eine Hauptinteraktionsfläche (weiß) und vier zusätzliche Menüs (rot, blau, grün, gelb) identifizieren.

Die Konzepte, welche Information und Funktionalität auf den jeweiligen Hilfsmenüs angezeigt wird, unterscheiden sich grundlegend. Bei dem *BMW iDrive* befinden sich die vier Hauptmenüpunkte, Navigation, Entertainment, Kommunikation und Klima auf dem Hilfsmenü. *MIAMII* bildet dagegen eine übergeordnete Menüstruktur ab und bietet die Hauptmenüleiste, ein Hilfsmenü, eine Parallelbedienung und ein Favoritenmenü auf den vier Seiten. Das FIS *Audi MMI* stellt in den Ecken jeweilige Untermenüs zu dem auf der Hauptinteraktionsfläche gehörenden übergeordneten Menü dar.

Abbildung 5.2 bildet die identifizierte Grundstruktur ab. Es lassen sich verschiedene

semantische Inhalte abbilden. Beispielsweise kann die Funktionalität geräteorientiert oder objektorientiert strukturiert werden.

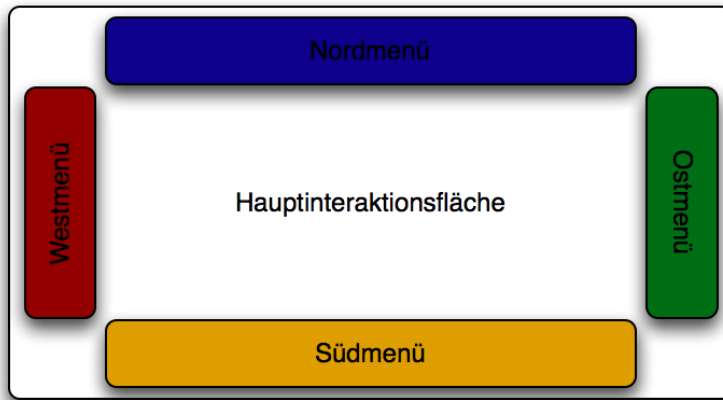


Abbildung 5.2: Die Grundstruktur besteht aus einer Hauptinteraktionsfläche und vier in allen Himmelsrichtungen angeordneten Menüs.

5.1.2. Potenziale einer dreidimensionalen Darstellung

Durch die zweidimensionale Darstellung entstehen verschiedene Probleme, die durch dreidimensionale Präsentationsformen kompensiert werden können.

Der Platz, der auf den Hilfsmenüs zur Informationsdarstellung angeboten wird, ist sehr gering. Es können lediglich Schlagwörter oder Bezeichner als Repräsentanten für die dem Menü zugrunde liegende Funktionalität abgebildet werden. Eine Möglichkeit, sich über Minibilder einen groben Überblick zu verschaffen, wie es beispielsweise in dem Desktopsystem *Apple Mac OS Tiger Expose* [18] realisiert ist, ist lediglich sehr beschränkt gegeben.

Des Weiteren kann kaum eine örtliche Beziehung zu der Stelle, an der sich die Funktionalität befindet, hergestellt werden. Das Wiederauffinden von Funktionalität, die bereits benutzt wurde, wird dadurch erschwert.

Die Aufgabe des Autofahrens ist eine räumliche Tätigkeit: Der Fahrer befindet sich in einem geschlossenem Raum, dem Auto, und bewegt es durch die Umgebung. Das Gros der primären und sekundären Funktionalitäten verfügt über physikalische Positionen, die der Fahrer teilweise sogar blind findet und bedient, zum Beispiel den Blinker oder den Lautstärkeregler. Die räumliche Anordnung spielt eine große Rolle. Die zweidimensionale Anzeige der Listenstruktur bricht mit dieser Tradition.

Durch eine dreidimensionale Darstellung virtueller Menüs kann eine ähnliche Bedienung, die ebenfalls eine räumliche Anordnung realisiert, angenähert werden.

5.1.3. Dreidimensionale Darstellung der Grundstruktur

Die zweidimensionale Grundstruktur aus Abschnitt 5.1.1 soll dreidimensional abgebildet werden. Das zentrale Hauptinteraktionsfeld wird zurückversetzt und die vier Hilfsmenüs perspektivisch in Richtung der zentralen Hauptinteraktionsebene gedreht. Dem Benutzer wird der Eindruck vermittelt in einen Raum zu blicken. Die Orientierung der einzelnen Menüs gibt Aufschluss über deren Funktionalität, variiert den Parameter der Ausrichtung und nimmt Einfluss auf die Komposition der Szene, siehe Abschnitt 4.3.3. Ähnliche Konzepte finden sich in der Desktopumgebung mit der *Task Gallery* [138] und dem *Cubic Eye* [141].

Demnach besteht die Anzeige aus fünf dünnen Anwendungstafeln, die fünf Untermenüs eines FIS darstellen. Dabei steht ein Menü als wichtigster Informationsträger gut ablesbar im Zentrum. Vier weitere Menüs sind um 90 Grad rotiert. In Abbildung 5.3 ist das Grundkonzept veranschaulicht.



Abbildung 5.3: Das Grundkonzept besteht aus fünf dünnen Applikationsobjekten: ein Menü ist im Zentrum angebracht, vier zusätzliche Menüs sind um 90 Grad in den Raum rotiert

5.1.4. Navigation in Untermenüs

Ein deaktiviertes Untermenü soll über Form und Farbe einen groben Hinweis auf dessen aktuellen Funktionszustand geben und ist um 90° in den Raum geklappt. Zur komfortableren Bedienung wird ein Untermenü bei dessen Ansteuerung in das Sichtfeld des Benutzers rotiert. Unkomfortable Bedienung unter erschwerten Ablesebedingungen wird vermieden. Es bleibt ein Überblick über die restlichen Menüs und ihre groben Zustände erhalten. In Abbildung 5.5 ist exemplarisch die Ansteuerung des linken Menüs dargestellt. Die Anzeige eines aktiven und relevanten Menüs ist damit an die visuellen Eigenschaften *Ausrichtung*, *Position* und Größe gebunden. Es wird eine deutliche Veränderung der Szenenkomposition vorgenommen. Das englische Verb „to flip open“ bedeutet auf deutsch „aufklappen“ und das iFlip aus dem Namen 3D iFlip steht für diesen Vorgang.



Abbildung 5.4: Für die Aktivierung werden die Untermenüs in die Hauptinteraktionsebene zur komfortablen Bedienung gedreht.

Während der Fahrt wird üblicherweise in mehreren kurzen Bedienschritten interagiert. Eine effiziente Reorientierung zur Wiederaufnahme des Bedienvorgangs wird unterstützt. Damit der Anwender den Überblick behält, muss die Anzahl der rotierbaren Menüs und die Anzahl der Zustände in die die graphische Oberfläche gehen kann, gering gehalten werden.

Die Animation der physikalischen Bewegung von Rotationen sorgt für ein räumliches Modell, das den Anwender bei der Aneignung seines mentalen Modells von der Benutzeroberfläche unterstützt. Durch das räumliche Erinnerungsvermögen kann Funktionalität und Information in diesem dreidimensionalen Modell effizient wieder gefunden werden. Animationen werden in den Richtlinien zur Bedienung im Auto kritisch eingestuft [66, 70]. Die Einschätzung basiert auf Laufschriften von Radiosendern, die permanent im peripheren Gesichtsfeld des Fahrers für Bewegung und Ablenkung sorgen. Der Ansatz der vorliegenden Arbeit beinhaltet Animationen, die durch eine Aktion des Anwenders initiiert werden und die Zusammenhänge erklären. Empirische Nutzerstudien in Kapitel 8 untersuchen, ob solche Animationen ebenfalls ablenkend auf den Fahrer wirken und welche Dauern und Pfade für die Animation in einem FIS angemessen sind.

Die Navigation in den Untermenüs selbst erfolgt über das Reiterprinzip. Diese Darstellung ist dem Anwender bereits aus der Desktopumgebung bekannt und bildet eine Metapher ab, die nach dem Grundprinzip eines Karteikastens mit Unterordnern und Beschriftungen funktioniert. Dieses Konzepts in einer Fahrumgebung hat nach den Ergebnissen eines internen Projekts bei BMW Potenzial für eine konzeptuelle Verwendung in FIS.



Abbildung 5.5: Zur Navigation in den Untermenüs werden Reiter in das dreidimensionale Konzept integriert.

5.2. 3D iFlip - Rückseiten als Informationsträger

In Abschnitt 4.3.4 wird in einer umfassenden Analyse das Vorkommen von Rückseiten in der realen Welt untersucht. Die Rückseite stellt in der Realität ein starkes Konzept dar, und in der vorliegenden Arbeit wird ein hohes Potential für graphische Benutzeroberflächen in FIS vermutet. Jedes der fünf perspektivisch angeordneten Untermenüs erhält eine Rückseite. Nachdem das englische Verb „to flip over“ im Deutschen „wenden“ oder „umdrehen“ bedeutet, steht das iFlip neben dem Aufklappen ebenso für diesen Vorgang. In Abbildung 5.6 wird exemplarisch die Aktivierung der Rückseite des linken Untermenüs dargestellt.

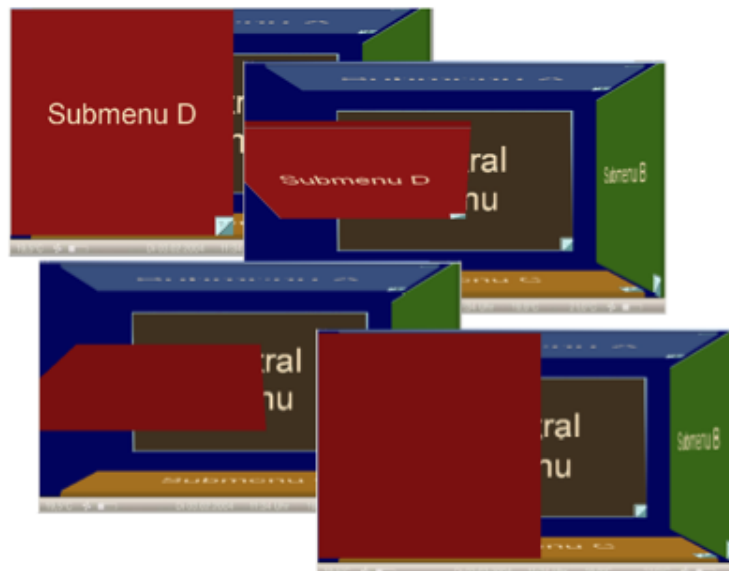


Abbildung 5.6: Jede Interaktionstafel kann umgedreht werden, um Interaktionsmöglichkeiten auf der Rückseite anzubieten.

Die Analyse in Abschnitt 4.3.4 hat ergeben, dass abhängig vom physikalischen Gegenstand Erwartungen bezüglich der Information, die sich auf der Rückseite befindet, geweckt werden. Diese Erwartungshaltung soll in den digitalen Bereich übertragen werden. Die Interaktionskonzepte, die Rückseiten von digitalen Objekten als Informationsträger nutzen, adressieren unterschiedliche Informationskategorien und lassen ein einheitliches mentales Modell nicht zu. In einer Expertenstudie wird untersucht, welche Erwartungshaltung Nutzer an Informationen auf der Rückseite von digitalen Objekten haben.

5.2.1. Konzeptansätze zur Rückseite

In der Analyse alltäglicher Gegenstände wurden verschiedene Kategorien zur Verwendung von Rückseiten im täglichen Leben und in Interaktionskonzepten identifiziert. Auf dieser Basis werden vier Ansätze zur Benutzung der Rückseite in FIS erarbeitet und implementiert. Eine Expertenevaluierung bewertet alle Ansätze.

5.2.1.1. Lesezeichen

Die 80/20 Regel belegt, dass 80% der Anwender lediglich 20% der Funktionalität nutzen [157]. Aufgrund der menschlichen Individualität und den unterschiedlichen Bedürfnissen unterscheiden sich diese 20% allerdings. Damit ist die alleinige Bereitstellung von 20% der Funktionalität nicht zielführend. Ein Angebot von Individualisierungsmöglichkeiten dagegen kann eine Lösung darstellen und wurde in [2] bereits als adäquates Konzept für FIS bestätigt. Das Konzept der Definition von Schnellzugriffen durch Lesezeichen ist den Benutzern bereits aus dem Desktopbereich beispielsweise bei der Navigation durch das World Wide Web bekannt.

Die Basisidee ist, dass auf der Vorderseite der Interaktionstafel die aktuelle Anwendung läuft. Auf der Rückseite wird ein menüpunktbasiertes Favoritenmenü angeboten, das dem Benutzer ermöglicht Favoritenseiten zu definieren und Verknüpfungen zu diesen Seiten als Minibilder abzulegen. Jede Benutzung des Favoritenmenüs lässt das Minibild des angewählten Menüpunkts größer, die restlichen Menüpunkte entsprechend kleiner werden. Wird demnach ein Menüpunkt kaum genutzt, wird er immer kleiner bis er letztendlich verschwindet. Die oft genutzten Shortcuts schieben sich in den Vordergrund.

Möchte der Benutzer während der Interaktion mit dem FIS zu einem Favoriten springen, muss er lediglich die Interaktionsoberfläche umdrehen. Nachdem er den gewünschten Favoritenpunkt durch Selektion des entsprechenden Minibilds ausgewählt hat, dreht sich die Interaktionstafel zurück. Auf der Vorderseite befindet sich das Menü, das dem gewählten Favoritenmenüpunkt entspricht. Abbildung 5.7 zeigt eine mögliche Interaktion mit diesem Konzept. Damit kann der Benutzer große Menüräume individuell und angenehm bedienen.

In Hinblick auf die Kategorien, in die Rückseiten alltäglicher Gegenstände eingeteilt werden können, stützt sich der Favoritenansatz auf die Kategorie der Notizen. Sie unterstützen den Benutzer, sich an für ihn interessante Menüpunkte zu erinnern. Alle



Abbildung 5.7: Lesezeichen auf der Rückseite.

Interaktionstafeln verfügen über die gleiche Rückseite. Der Benutzer muss nicht erst überlegen, auf welcher Rückseite das Favoritenmenü liegt. Es kann nachteilig sein, dass die Information auf der Rückseite nicht an das Objekt gebunden ist. Eine Spezialform des Konzepts bietet auf der Rückseite einer Interaktionstafel lediglich Bookmarks zu Inhalten an, die mit dem zugehörigen Interaktionsobjekt erreicht werden können, zum Beispiel alle Favoriten im Funktionsbereich Navigation auf der Rückseite des Navigationsmenüs.

5.2.1.2. Reduziertes Überblicksmenü

Alternativ können Rückseiten genutzt werden, um Überblicksmenüs anzubieten. Benutzer haben oft Schwierigkeiten ein mentales Modell aus einer für sie neuartigen, komplexen Menüstruktur zu bilden. Dieser Prozess kann durch eine Visualisierung der Menüstruktur unterstützt werden. Gerade Erstbenutzern kann die Interaktion erleichtert werden, indem sie einfach die Anwendungsebene umdrehen und sich einen groben Überblick über die Menüstruktur verschaffen. Zwar muss das Modell, dass Interaktionsobjekte eine Rückseite haben, ebenfalls wieder erworben werden, doch das räumliche Erinnerungsvermögen unterstützt den Anwender im Umgang mit dieser einfachen Interaktionsmetapher.



Abbildung 5.8: Reduziertes Überblicksmenü auf der Rückseite.

Die Übersichtskarte, die exemplarisch in Abbildung 5.8 dargestellt ist, visualisiert das reduzierte Menü und markiert die aktuelle Position im Menü sowie die nächsten möglichen Interaktionsschritte. Dabei dienen die visualisierten Menüpunkte zusätzlich

als Verknüpfungen, die dem Benutzer ermöglichen, zu einem anderen Menüpunkt zu springen. In diesem Fall zeigt die Menükarte auf der Vorderseite das angewählte Menü. Andernfalls wird der Inhalt der Vorderseite nicht verändert.

Dieses Konzept adressiert die Kategorie der detaillierten Informationen, indem Details über die aktuelle Position angezeigt werden.

5.2.1.3. Parallelmenü

Speziell in fensterfüllenden Menüsystemen kann es umständlich sein, von einer Anwendung zur nächsten zu kommen. Beispielsweise ist die Adresseingabe im Navigationsmenü eine langwierige Aufgabe, besonders da das Problem der Texteingabe in Automobilen noch nicht optimal gelöst und Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten ist [77, ?]. Spielt das Radio zeitgleich zur Texteingabe ein Lied, das der Fahrer schnell wegschalten möchte, muss er sich entscheiden, ob er die Eingabe der Adresse unterbricht und den zum Radio gehörigen Menüpunkt ansteuert.

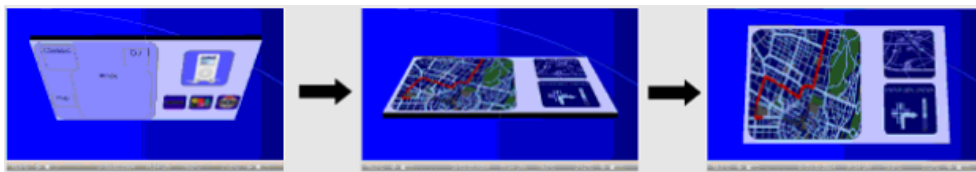


Abbildung 5.9: Parallelmenü auf der Rückseite.

Um dieses Problem zu lösen, können wie in [130] mehrere Menüs parallel angeboten werden. Der Menüwechsel aus dem Beispiel kann einfach und schnell vollzogen werden, wenn die Anwendungstafel umgedreht wird, und das Radiomenü erscheint (siehe Abbildung 5.9). Damit ist der Weg zu der gewünschten Funktionalität kurz. Das herkömmliche fensterfüllende Menüsystem wird auf ein zweiseitiges fensterfüllendes Menüsystem erweitert.

Die Selektion der Inhalte der parallelen Menüsysteme muss sorgfältig durchgeführt werden. Bei einer Variante könnten die beiden parallelen Menüs zwei Wege durch das gleiche Menü mit voneinander unabhängigen Inhalten ermöglichen. Die Auswahl der Inhalte der beiden Menüs erfolgt benutzerseitig. Eine andere Möglichkeit ist, die parallelen Menüinhalte durch das System oder den Benutzer zu definieren und zu fixieren. Auf der Rückseite des Navigationsmenüs wird beispielsweise konstant das Audiomenu angeboten.

Dieser Ansatz fällt in die Kategorie der unabhängigen Informationsdarstellung, denn die Inhalte auf Vorder- und Rückseite stehen in keiner Beziehung zueinander.

5.2.1.4. Kontextbezogene Einstellungen

Die Darstellung detaillierter, gegenstandsabhängiger Information wie kontextbezogenen Einstellungen adressiert die größte und bekannteste Klasse der Informationsdarstellung auf Rückseiten reeller Objekten. Kategorien und Informationen hängen von dem physikalischen Objekt selbst ab. Der Inhalt der Rückseite hängt mit dem Inhalt auf der Vorderseite zusammen. Diese Gegebenheiten sollen auf die Benutzeroberfläche übertragen werden.

Zusätzlich wird die semantische Verbundenheit der Funktionen durch eine räumliche Nähe unterstützt. Das Ziel ist, das mentale Modell auf zwei Arten zu unterstützen: Umsetzung von Nähe und Ausnutzung bekannter Gegebenheiten aus dem alltäglichen Leben.



Abbildung 5.10: Kontextbezogene Einstellungen auf der Rückseite.

Sinnvolle Realisierungen dieses Konzepts sind Einstellungen, die sich auf das Menü auf der Vorderseite beziehen, oder kontextuelle Hilfesysteme. Abbildung 5.10 zeigt eine Implementierung mit Audioeinstellungen wie Lautstärke, Balance, Bass und Fader auf der Rückseite des Audiomenüs.

5.2.2. Bewertung der Rückseitenkonzepte

Um die Konzeptansätze bereits in einer frühen Phase zu evaluieren, wurde eine Expertenbefragung mithilfe von Papierprototypen durchgeführt. Ziele der Studie sind, die Basisidee der Rückseitenbenutzung auf ihre Tauglichkeit zu untersuchen und das verknüpfte mentale Modell von Rückseiten in Interaktionskonzepten zu analysieren. Des Weiteren soll der erfolgversprechendste Ansatz für eine weiterführende Entwicklung des Rückseitenkonzepts identifiziert werden. Eine Sammlung von Ideen zur Weiterentwicklung des Konzepts rundet die Benutzerbefragung ab.

5.2.2.1. Probanden

Es nahmen 14 Versuchspersonen, davon drei Frauen, im Alter von 24 bis 34 an der Studie teil und beurteilten die Prinzipien der Rückseitenbenutzung und die verschiedenen Konzeptansätze. Alle Probanden wiesen Expertise in der Konzeption von Interaktionskonzepten auf, hatten einen hohen technischen Hintergrund und Erfahrung in der Bedienung von graphischen Benutzeroberflächen von Desktopsystemen.

5.2.2.2. Versuchsdurchführung

Zu Beginn der Evaluierung wurde das Basiskonzept, Rückseiten als Informationsträger zu nutzen, erklärt. Die Probanden mussten danach einen Fragebogen beantworten, der in drei Teile eingeteilt war:

Im ersten Teil wurde die generelle Idee der Rückseite als Informationsträger, die erwartete Information sowie das Vorkommen von Rückseiten im alltäglichen Leben abgefragt. Den Probanden wurden im Anschluss vier prototypischen Umsetzungen, einer Java3D Implementierung, demonstriert. Im zweiten Teil des Fragebogens wurden die Konzepte beurteilt, indem Rangreihenfolgen gebildet wurden. Abschließend wurden Möglichkeiten zur Initiierung des Umdrehvorgangs erfragt.

5.2.2.3. Ergebnisse

Rückseiten in Interaktionskonzepten Die Idee, Rückseiten in Interaktionskonzepten als Informationsträger zu nutzen, stieß bei den Experten auf breite Zustimmung. Lediglich ein Teilnehmer lehnte die Idee der Rückseiten ab. Der Proband begründete seine Haltung damit, dass Informationen auf der Rückseite versteckt werden. Es wird zusätzliche kognitive Last erfordert, da sich der Benutzer den Ort merken muss.

Auf die Frage, welche Art der Information auf der Rückseite in Interaktionskonzepten dargestellt werden soll, antworteten zwölf Probanden mit detaillierten Informationen und drei mit Hilfsfunktionen. Andere Ideen waren ein zentrales Menü, Anleitungen, Notizen oder eine erweiterte Ansicht von Minibildern der Vorderseite.

Die häufigste Antwort auf das Vorkommen von Rückseiten als Informationsträger im täglichen Leben fiel in die Kategorie der detaillierten Informationen. Die Hälfte der Probanden erwähnte Bücher, ein Drittel Lebensmittelverpackungen, ein Fünftel Landkarten und ein Fünftel elektronische Geräte. Weitere Nennungen waren Schuhe, Verträge und Rechnungen. Nur fünf der genannten Gegenstände fielen in andere Kategorien, wie beispielsweise Postkarten oder Spielkarten. Wie erwartet, konnte die Klasse der detaillierten Informationen damit als größte und vielversprechendste Klasse identifiziert werden, bevor den Versuchspersonen die Konzeptansätze vorgestellt wurden.

Bewertung der Konzeptansätze Den Probanden wurden die vier Konzeptansätze in Demonstrationen eines Java 3D Prototypen vorgestellt. Im Anschluss bildeten die Experten eine Rangreihenfolge der Konzeptansätze und begründeten ihre Entscheidung.

Das Kontextmenü wurde mit 1,5 als bestes Konzept bewertet. Es passte zu den Erwartungen und dem mentalen Modell der Experten. Einstellungen sollen nach Meinung der Teilnehmer nicht permanent sichtbar sein, um Verwirrungen und Informationsüberladung vorzubeugen. Soll eine Einstellung verändert werden, muss der Weg effizient sein und in einem semantischen Zusammenhang zu dem entsprechenden Menüpunkt stehen.

Die Experten kannten das Konzept der Lesezeichen bereits aus der Desktopumgebung und hielten es für sinnvoll und notwendig in FIS. Es wird ein schneller Zugriff auf indivi-

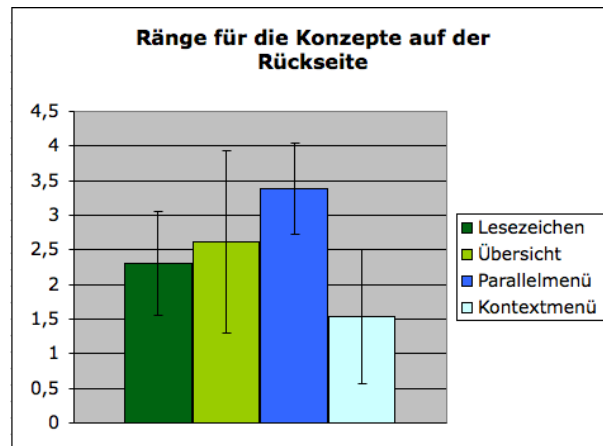


Abbildung 5.11: Ergebnis der Rangreihenfolge der Konzepte durch die Versuchspersonen. Platz 1 steht für das Beste, Platz 4 für das schlechteste Konzept

duell definierte Menüpunkte ermöglicht. Eine Person beurteilte das Lesezeichenkonzept schlecht, da Favoriten zu wichtig sind, um auf einer Rückseite versteckt zu werden. Das Ergebnis von 2,14 zeigt das Interesse der Anwender nach Lesezeichen. Fraglich ist, ob die Rückseite der Interaktionsobjekte der richtige Anzeigeort ist.

Das Überblicksmenü polarisierte stark. Fünf Probanden beurteilten es als bestes Menü, da es Wege zu entfernten Menüpunkten verkürzt und der Inhalt der Rückseite konstant bleibt. Andererseits sollte ein Überblick in einer optimal konzeptionierten Menüstruktur nicht nötig sein. Für eine mögliche Hilfe im Anfängermodus ist er zu wichtig, um auf der Rückseite versteckt zu werden.

Letztlich wurde die Idee der Parallelménüs mit Rang 2,78 am schlechtesten bewertet. Zwölf der Teilnehmer stuften es als zweit- bzw. als schlechtestes Konzept ein. Das Hauptargument gegen diesen Ansatz ist das Problem der Selektion zweier Ménüs, die auf den korrespondierenden Seiten dargestellt werden. Im Speziellen muss die Auswahl für den Benutzer transparent und nachvollziehbar sein. Weitere Argumente gegen den Ansatz waren der Orientierungsverlust und der fehlende Zusammenhang zwischen den beiden Ménüs.

Auslösen des Umdrehvorgangs Der letzte Teil der Expertenbefragung widmete sich dem Umdrehvorgang. Zwölf der Probanden beurteilten das Auslösen des Umdrehvorgangs als interaktiven Teil an dem Objekt selbst als beste Variante.

5.2.2.4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend liefert die Expertenanalyse klare Aussagen. Die Probanden waren von der Idee, Rückseiten als Informationsträger zu benutzen, überzeugt. Die Begründung des ablehnenden Experten, dass sich an die versteckte Information auf der Rückseite

erinnert werden muss, wird häufig, sobald die anzuzeigende Informationsmenge den Platz auf dem Display übersteigt und nicht alle Informationen gleichzeitig angezeigt werden können.

Wie erwartet, war die Klasse der detaillierten Informationen aus der Analyse der Alltagsgegenstände, die verbreitetste. Die Versuchspersonen argumentierten für eine Realisierung, die diese Klasse adressiert, wie in dem Ansatz der kontextbezogenen Einstellungen. Letztlich verlangen die Experten einen interaktiven Bereich an dem Interaktionsobjekt selbst, um den Umdrehvorgang auszulösen.

5.2.3. Zusammenfassung

Da eine einheitliche Umsetzung des Rückseitenkonzepts bis dato fehlte, wurden in einer Expertenevaluierung Erwartungen an Rückseiten in Interaktionskonzepten untersucht sowie verschiedene prototypische Umsetzungen des Konzepts bewertet. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen eindeutig, dass weiterführende Informationen, wie Einstellungen, Anleitungen sowie Hilfestellungen auf der Rückseite zu den Menüpunkten der Vorderseite die Erwartungen der Benutzer am besten erfüllen und zu einem konsistenten mentalen Modell führen. Aufgrund dieser Ergebnisse werden in dem benutzerzentrierten FIS Rückseiten dreidimensionaler Interaktionsobjekte als kontextbezogene Einstellungs-menüs umgesetzt.

5.3. Menüführung mittels Licht und Schatten

Besonders bei interaktiven Systemen, die nicht mittels direkter Manipulation sondern über einen multifunktionalen Controller bedient werden, muss der aktuelle Zustand der Bedienoberfläche und die Position des Fokus gekennzeichnet werden. Für den Anwender muss transparent sein, welche nächsten Schritte bei der Interaktion möglich sind. Im Folgenden wird ein Ansatz vorgestellt, der durch die Nutzung von Licht und Schatten eine natürliche Unterstützung der Benutzerführung realisiert.

5.3.1. Beleuchtung des aktuellen Menüs

Aufgaben werden bei FIS in der Regel nicht während einer einzigen langen Blickabwendung durchgeführt, sondern mit einer Sequenz kurzer Einzelblickabwendungen. Die kurze Bedienzeit, in der der Blick von der Strasse gewendet werden kann, muss optimal ausgenutzt werden. Insbesondere bei der Wiederaufnahme eines Bedienvorgangs muss der Nutzer schnell den Zustand eines Systems erfassen können.

Aktive Menüs werden in diesem Konzept dadurch gekennzeichnet, dass sie im Vordergrund und perspektivisch unverzerrt dargestellt werden, siehe Abschnitt 5.1.3. Es werden damit *Größe*, *Position* und *Ausrichtung* variiert und an die Aktivität von Menüs

gekoppelt. Die Analyse der physikalischen Gegenstände hat gezeigt, dass weitere Möglichkeiten existieren, eine Priorisierung von Objekten anzuzeigen. Der *Transparenzgrad* kann für eine Visualisierung der Aktivität angepasst werden: aktive Elemente werden opak, inaktive Elemente durchsichtig repräsentiert. Ein solches Konzept macht besonders bei einem Mehrfenstersystem oder bei Anzeigen im Hintergrund Sinn.

Nachdem der Blick von *Bewegungen* angezogen wird, kann eine Animation des aktiven Menüs die Aufmerksamkeit anlocken. Da Bewegungen ebenfalls im peripheren Gesichtsfeld wahrgenommen werden, kann eine fortwährende Animation zur Anzeige der Aktivität eines Menüs den Fahrer ablenken. Zusätzlich können Ikonen und Beschriftungen lediglich schwer auf einem animierten Objekt wahrgenommen werden.

Dreidimensionalen Szenen können durch den Einsatz von Licht und Schatten unterschiedlich inszeniert werden und den Akzent auf bestimmte Elemente setzen. Die Grundidee zur Beleuchtung der aktiven Menüs lehnt sich an eine Inszenierung auf einer Bühne an. Die Aufmerksamkeit des Zuschauers wird auf den Bühnenbereich gelenkt, der erleuchtet ist. Zwar ist die übrige Bühne abgedunkelt, aber die Requisite kann dennoch wahrgenommen werden. In diesem Interaktionskonzept wird die Aufmerksamkeits- und Orientierungssteuerung durch Licht und Schatten unterstützt. Die momentan relevanten Menübereiche sollen durch eine indirekte Beleuchtung erhellt werden, die restlichen Areale werden dagegen schattiert. Abbildung 5.12 zeigt die Grundidee des Beleuchtungsansatzes.

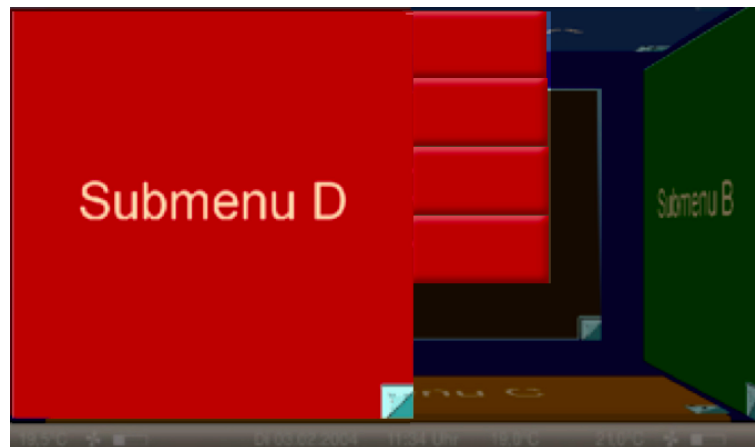


Abbildung 5.12: Die aktive Menütafel wird erhellt, der inaktive Rest schattiert.

Die Beleuchtung aktueller Menübereiche verträgt sich mit dem perspektivischen Menüansatz. Es wird nicht in die Komposition der Szene eingegriffen, sondern es werden durch eine geschickte Inszenierung relevante Areale betont. Die Verträglichkeit mit der Fahraufgabe wird nicht negativ beeinflusst, da keine ablenkende Wirkung durch Bewegungen entsteht.

5.3.2. Fokus als Spotlight

Die Positionsmarke, *engl. cursor*, oder Fokus gibt in einem Menü an, wo sich das Eingabeelement in der graphischen Oberfläche befindet. Es gibt mehrere Möglichkeiten die Positionsmarke optisch hervorzuheben, sie muss deutlich unterscheidbar von den anderen Elementen sein. In aktuellen FIS wird der Fokus des multifunktionalen Bedienelements farblich markiert, beispielsweise bei Audi mit weißer Schrift [21] oder bei BMW als oranger Rahmen um das fokussierte Element [38]. In Desktop-Systemen wird die Position der Maus über einen Pfeil symbolisiert. Zufolge den Gestaltgesetzen und den Effekten der präattentiven Wahrnehmung nach Treisman kann Farbe ein geeigneter Parameter sein, um ein Element hervorzuheben. Der Ansatz nach Treisman wird aktuell diskutiert, der Effekt ließ sich aber in Experimenten nachweisen [83]. Das Einfärben des aktiven Elements hat keine Korrespondenz zu natürlichen Gesetzmäßigkeiten und passt daher nicht optimal zu einem metaphernbasierten Ansatz. Im vorhergehenden Abschnitt wurde diskutiert, dass sich weitere Parameter zur Hervorhebung von Elementen eignen.

Eine vergrößerte Anzeige des aktuellen Menüpunkts ist in Fisheyemenüs üblich. Bei einer Veränderung des Fokus wird das ursprüngliche Element verkleinert und das neue Fokuselement vergrößert dargestellt. Es entsteht viel Bewegung, die die Ablesbarkeit erschwert und Unruhe in die Interaktionsoberfläche bringt. Die gleichen Folgen entstehen durch eine Veränderung von *Position* oder *Orientierung*. Ablesbarkeit und möglichst viel Ruhe sind jedoch Voraussetzungen für ein ablenkungsfreies FIS. *Transparenz* und *Bewegung* sind analog zur Diskussion im vorherigen Abschnitt ungeeignet.

In perfekter Ergänzung zur Beleuchtung der aktuellen Menübereiche bietet sich die Verwendung eines Spotlights zur Markierung des Fokus an. Abbildung 5.13 verbildlicht eine Fokusänderung, die graphisch durch eine Spotlightmetapher umgesetzt ist.

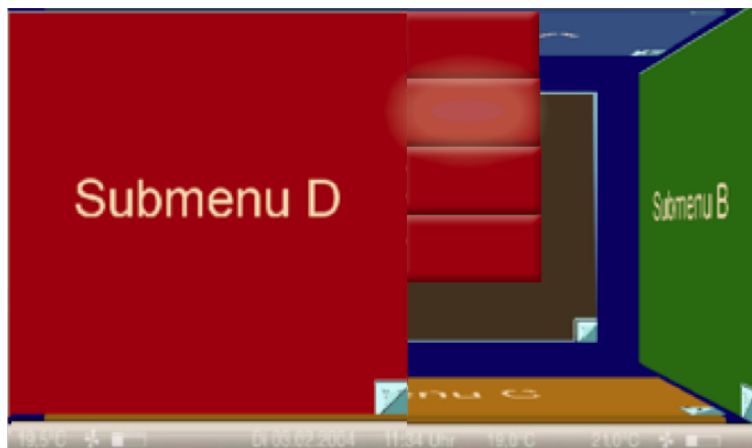


Abbildung 5.13: Jede Interaktionstafel kann umgedreht werden, um Interaktionsmöglichkeiten auf der Rückseite anzubieten.

Bei Bühnenszenierungen wird das zentrale Element, der Schauspieler, Tänzer oder Solist in einem Spotlight hervorgehoben. Anders als bei einem Fokus in einer graphischen

Benutzeroberfläche können auf der Bühne mehrere zentrale Elemente existieren. *Apple Spotlight* markiert mithilfe von Spotlichtern Treffer in einer Suchanfrage und kann mehrere Repräsentanten auf der gleichen Interaktionsoberfläche haben. Die Bewegung des Spotlights gibt dem Zuschauer eine komfortable Orientierungshilfe und erklärt Übergänge in der Inszenierung. Eine geeignete Animation des Lichtkegels bei einem Fokuswechsel erklärt dem Benutzer den Zustandsübergang. Es wird davon ausgegangen, dass die Animation der Inszenierung dezenter und deshalb verträglicher mit der Fahraufgabe ist als eine Änderung an einem Objekt selbst oder in der Szenenkomposition.

Die Kombination aus Beleuchtung und Spotlicht ist eine neue und ansprechende Strategie Fokus und Kontext anzuzeigen. Bisher wurden Größe, Detailgrad und Verzerrung zur Visualisierung verwendet. In der vorliegenden Arbeit wird der Fokus durch ein Spotlicht als hellster Bereich des Menüs dargestellt. Der Nahbereich um den Fokus, das aktive Menü, wird beleuchtet und hebt sich dadurch von der restlichen Benutzeroberfläche ab. Die Repräsentation durch Licht und Schatten ist eine ansprechende, ruhige und gut lesbare Alternative zu der herkömmlichen Anzeige, die sich daher besonders gut mit der Fahraufgabe vereinbaren lässt.

5.3.3. Glühbirnen als Checkboxes

In dem Cockpit eines Automobils wird die Aktivität von Funktionen oft durch LEDs an den Fahrer rückgemeldet. Ein in der Realität verbreitetes Symbol zur Visualisierung von Zuständen ist die Glühbirne. Beispielsweise wird sie in der Physik verwendet, um visuell zu überprüfen, ob Strom fließt. Graphische Bedienoberflächen bieten zur Auswahl von Funktionalität häufig sogenannte Kontrollkästchen an. Kontrollkästchen sind ein künstliches Konstrukt, das den Status „An“ oder „Aus“ und damit boolesche Zustände abbildet. Ein Nachteil der Kontrollkästchen besteht darin, dass der Benutzer genau hinsehen muss, um das Häkchen zu erkennen. Ein Licht als Symbol für den Zustand „An“ erfordert vermutlich weniger Aufmerksamkeit.

Zur Ergänzung der Anzeige von den aktuellen Zuständen des Menüs über Beleuchtung und Spotlicht, werden die aktiven Elemente über eine weitere Lichtmetapher, die Glühbirne dargestellt. Eine ansprechende Visualisierung der Glühbirne soll die Anziehungskraft des FIS erhöhen.

5.4. Schnellzugriffe durch Lesezeichen

Strategien zur Individualisierung durch Schnellzugriffe auf oft genutzte Informationen sind in heutigen Informationssystemen unverzichtbar [115, 125, 155]. Gerade bei umfangreichen Funktions- und Informationsmengen wird ein Gros der Funktionalität lediglich selten benötigt. Ein Ansatz, der Benutzern einen kontrollierten, effizienten Zugriff auf häufig genutzte Menüeinträge ermöglicht, wird als *Lesezeichen* bezeichnet. Der Anwender kann Funktionen, auf die er schnell zugreifen möchte, in einem Extramenü ablegen.

Dieser Ansatz wurde für FIS evaluiert [2], und es gab eine positive Resonanz in der Expertenbewertung aus Abschnitt 5.2.2. Das Bedürfnis nach Schnellzugriffen wurde gezeigt, die Rückseite von Objekten jedoch als ungeeigneter Anzeigeort identifiziert. Sowohl die Verträglichkeit mit der Fahraufgabe als auch das Bedürfnis der Benutzer nach einer solchen Funktionalität wurde in [2] nachgewiesen. Die graphische Darstellung erfolgte dabei in Listenform auf einem zweiten Display. Im Folgenden sollen Alternativen zur Anzeige und Aktivierung konzipiert werden.

5.4.1. Darstellung einer übergeordneten Ebene

Ein Menü für Schnellzugriffe bildet ein personalisiertes, stark reduziertes Menü ab, das unabhängig von der ursprünglichen Menüstruktur ist. Es muss von jedem Zustand des Menüs direkt erreichbar sein. Solche übergeordneten Menüs werden in graphischen Benutzeroberflächen beispielsweise auf einer abgedunkelten [18] oder transparenten [17] Ebene angezeigt, die mittels eines animierten Übergangs aktiviert wird. Beide Mechanismen sind mit einer abgedunkelten Darstellung der darunter liegenden Ebene verbunden. Damit die graphische Oberfläche in einem FIS nicht zu sehr ablenkt, sind die Farben der Menüs üblicherweise eher dunkel gehalten. Eine zusätzliche Abdunklung würde den Kontextwechsel in ein übergeordnetes Menü nicht ausreichend verdeutlichen. Aufgrund dessen wird hier eine Aufhellung des Hintergrunds vorgeschlagen. Das Menü der Lesezeichen ist unter einem normalen Bedienverhalten lediglich einen kurzen Moment aktiv. Die Ablenkung des Fahrers durch die helle Darstellung ist dadurch minimal.

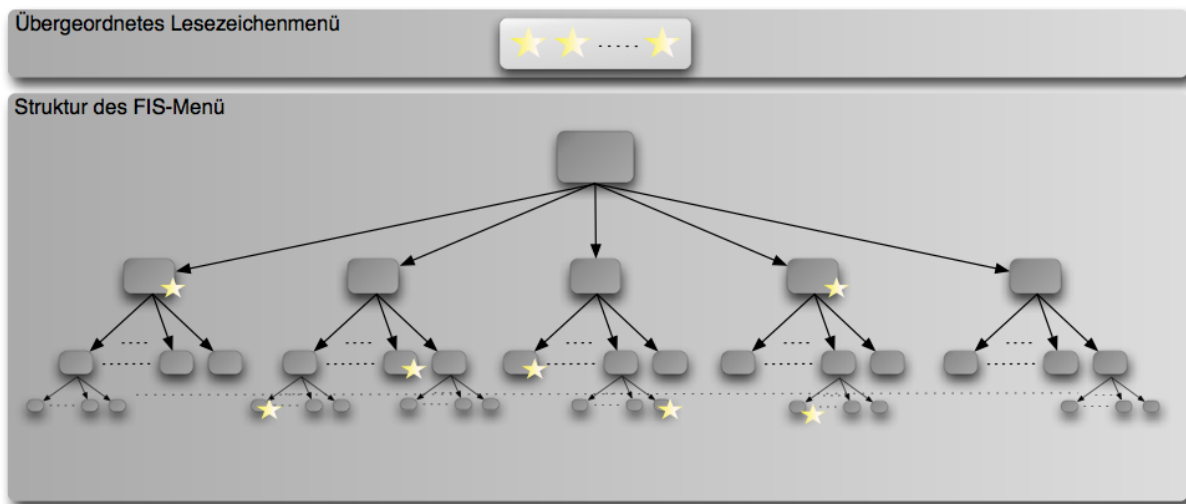


Abbildung 5.14: Übergeordnete Ebene des Lesezeichenmenüs.

Als mentales Modell kann ein gleißendes Gegenlicht aufgeblendet werden, das die ursprüngliche Menüstruktur ausblendet. Gleißendes Gegenlicht wird als Stilmittel in

verschiedenen Filmen eingesetzt, um den Übergang in eine andere Welt oder Vision zu zeigen, z.B. in den Filmen *Matrix* oder *Ghost*. Die Animation des Aufblendlichts soll den Kontextwechsel zwischen den verschiedenen Menüs verdeutlichen.

5.4.2. Anzeige der Lesezeichen

Studien haben gezeigt, dass Minibilder, *engl. thumbnails*, der Funktionen den wichtigsten Beitrag zur effizienten Auffindbarkeit bei Lesezeichens liefern [56]. *Apple Expose* [18] nutzt diesen Effekt bei der Organisation von Dokumenten auf dem Desktop, siehe Abbildung 5.14. Bei Aktivierung werden alle offenen Fenster oder alle offenen Fenster einer Anwendung minimiert nebeneinander dargestellt. Durch die gleichzeitige Abdunklung des Schreibtischhintergrunds bekommt der Nutzer den Eindruck, auf einer übergeordneten Ebene zu agieren.

5.4.2.1. Anordnung von Minibildern

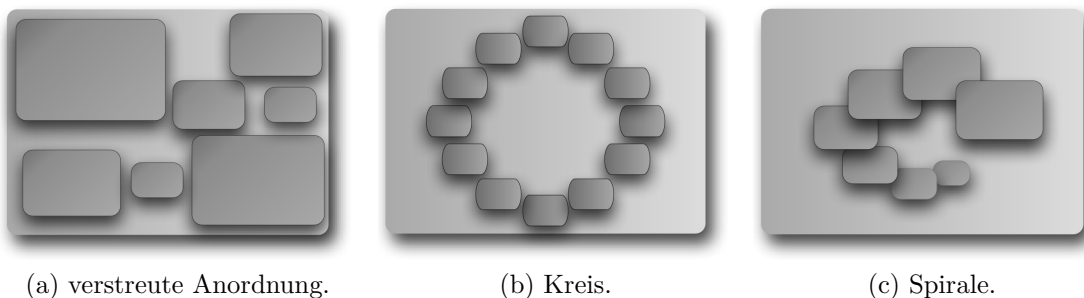


Abbildung 5.15: Strategien zur Favoritenanzeige.

Die Lesezeichen in einem FIS können nicht ohne weiteres analog zu *Apple Expose* angezeigt werden. Der Nutzer braucht für jedes Lesezeichen einen festen Ort, an dem er es immer findet, sonst wird ihm eine visuelle Suchaufgabe während der Fahrt zugemutet. Eine Verteilung der Minibilder über die Ebene kann für die Bedienung durch einen Touchscreen geeignet sein. Für einen multifunktionalen Controller, wie beispielsweise das iDrive [38], ist das Einblenden eines virtuellen Drehpunkts für eine intuitive Bedienung notwendig [127]. Eine Möglichkeit besteht darin, die Minibilder auf einem Kreis anzuordnen. Durch die limitierte Anzeigefläche auf dem CID können die Lesezeichen bei steigender Anzahl bis zur Unkenntlichkeit klein werden. Lösung ist eine spiralbasierte Anzeige der Minibilder, die eine räumliche Wahrnehmung unterstützt. Es entstehen zusätzliche Vorteile indem das Fokuselement im Vordergrund und damit am größten angezeigt wird. Der Überblick über die nachfolgenden Lesezeichen bleibt erhalten.

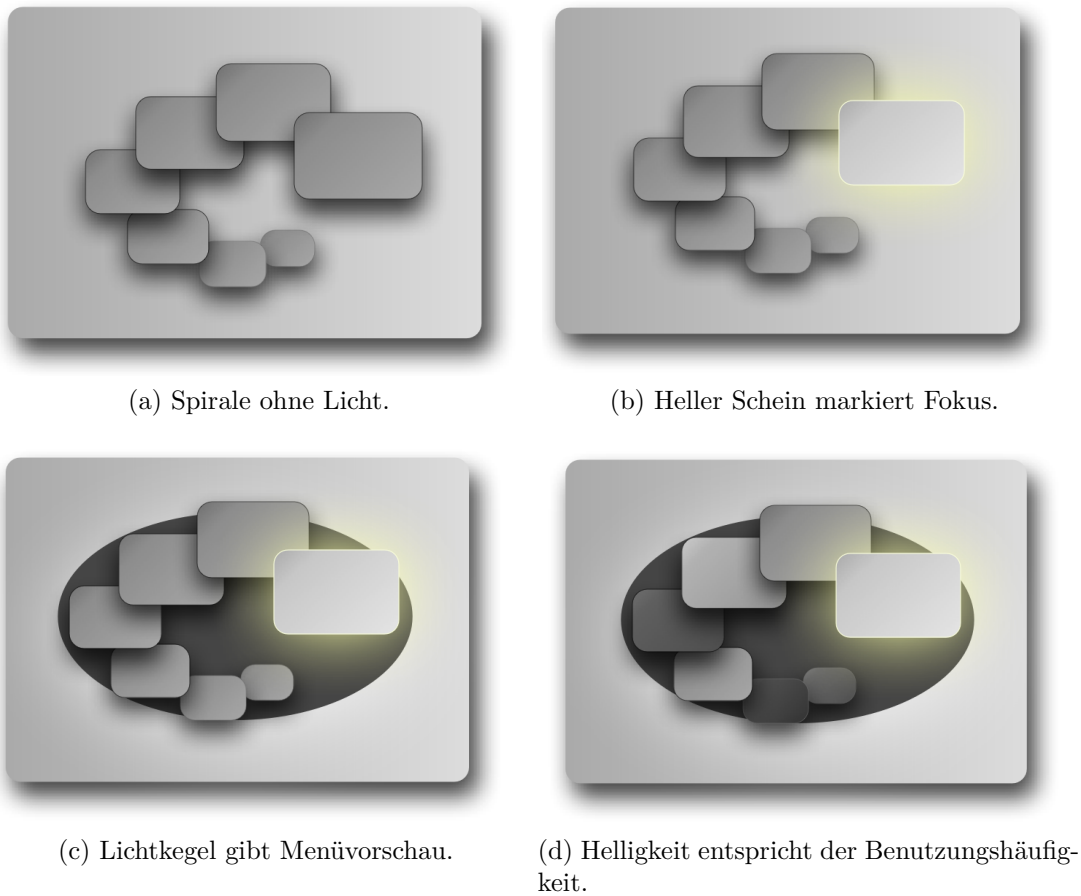


Abbildung 5.16: Strategien zur Favoritenanzeige.

5.4.2.2. Visualisierung verschiedener Parameter über Licht

Da die Aktivierung des Menüs der Lesezeichen über Licht realisiert ist, verwendet die Anzeige der Spirale ebenfalls Licht. *Größe* und *Position* der Objekte ist durch die spiralbasierte Anzeige wie in Abbildung 5.16a festgelegt. Die Benutzungshäufigkeit eines Elements muss auf andere Parameter abgebildet werden. Wird die *Transparenz* variiert, kann die Lesbarkeit über das Durchscheinen von Überlappungen beeinträchtigt werden.

Die Kennzeichnung des Fokuselements durch einen Lichtschein, das im Vordergrund als oberstes Element angezeigt wird, erleichtert die Orientierung, siehe Abbildung 5.16b. Eine vergrößerte Anzeige des aktuellen Fokuselements in einem Lichtkegel mit dunkel Grauwerten, gibt der Spirale im Hintergrund zusätzlich räumliche Tiefe sowie einen weiteren Anhaltspunkt zum Fokuselement, wie in Abbildung 5.16c. Eine Kopplung der Helligkeit der einzelnen Objekte mit der Benutzungshäufigkeit erhält die Lesbarkeit und bringt wie in Abbildung 5.16d zum Vorschein, welche Lesezeichen häufig bzw. selten genutzt werden.

5.5. MusicMap - Kartographie großer Informationsmengen

Der Umgang mit umfangreichen Datenmengen stellt laut Abschnitt 2.3.7 eine wichtige zukünftige Herausforderung in FIS dar. Problematisch ist besonders in der automotiven Umgebung die geringe Anzeigefläche. Eine Interaktion mit großen Mengen an Informationen verfolgt andere Ziele als eine Interaktion mit kleinen überschaubaren Datenmengen. Eine Listenrepräsentation der Daten wird dieser Anforderung über Sortiermöglichkeiten nur bedingt gerecht. Eine Anzeige mehrerer Parameter über das Sortierkriterium hinaus ist in der Liste schwer realisierbar. Überblick und Zusammenhänge über große Datenmengen können in einer Listenform nicht gegeben bzw. hergestellt werden.

Im Desktopbereich werden Techniken der Informationsvisualisierung, beispielsweise kartenbasierte Ansätze, zur Lösung dieser Probleme eingesetzt. Abschnitt 4.5.1 zeigt die essentielle Rolle von Landkarten zur Unterstützung der Navigationsaufgabe bei der Führung eines Kraftfahrzeugs. Es kann vorausgesetzt werden, dass der Zielgruppe die Stilelemente und Mechanismen der Kartographie bekannt sind. Diese Arbeit schlägt ein Konzept vor, in dem große Informationsmengen durch einen kartographischen Ansatz visualisiert werden. Im weiteren Verlauf sollen exemplarisch große Musikdatensätze betrachtet werden, da dem auditiven Entertainment bei der Kraftfahrzeugführung eine besondere Bedeutung zukommt. In der Desktopumgebung existieren bereits einige Ansätze zur Kartographisierung von Musik. Die Generalisierung des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Konzepts auf beliebige Datensätze, wie beispielsweise Adressdatensammlungen oder Menüstrukturen, ist ähnlich den Treemaps [168], durch Wahl der entsprechenden Parameter möglich.

Die kartographische Repräsentation bildet über Ähnlichkeiten der Objekte eine Landschaft ab. Die Sortierung und Positionierung der Datenobjekte auf der Karte ist Basis des Interaktionskonzepts. Es wird eine Topologie definiert, die im Anschluss auf einer zweidimensionalen Fläche positioniert wird. Die Darstellung weiterer Parameter des Datensatzes sowie die Integration von Interaktion mit der Funktionalität werden abschließend dargestellt. Für eine ausführliche Erläuterung des Konzepts wird auf [140] verwiesen.

5.5.1. Ziele der Interaktion mit großen Datenmengen

Die technische Entwicklung von Speicherkapazitäten und Netzwerktechnologie ermöglicht den Zugriff auf und die Sammlung von großen Datenmengen überall und jederzeit. Dadurch ändern sich die Interaktionsziele der Anwender. Bei kleinen Informationsmengen stehen sogenannte *scharfe Suchanfragen*, bei denen das Ergebnisobjekt im vorhinein bekannt ist, im Vordergrund. Der Anwender weiß, welches Objekt er braucht und greift über die Suche darauf zu. Bei großen Datenbeständen werden zumeist *unscharfe Suchanfragen* formuliert. Der Benutzer hat eine Vorstellung, auf was für eine Art von Objekt er zugreifen möchte aber kein konkretes Zielobjekt im Kopf. Das Ergebnis ist üblicherweise kein einzelnes, sondern eine Menge von Objekten, die die Suchkriterien erfüllen. Es ist

zum Beispiel möglich nicht nur nach einem Titel oder Interpreten zu suchen, sondern nach einer bestimmten Musikrichtung oder ähnlichen Musikbereichen.

5.5.2. Konzeption der MusicMap

Zur kartographischen Repräsentation von Musikdatensätzen existieren bereits eine Vielzahl an Forschungsarbeiten, die in Abschnitt 4.5.1 vorgestellt wurden. Die MusicMap ist eine kartographische Repräsentation von großen Musikdatensätzen. Grundidee ist, Musik auf einer Landschaft anzuordnen. Die Datenmenge muss sortiert, aufbereitet und eine adäquate Topologie entworfen werden. Die Topologie gibt die Lage und Anordnung der geometrisch aufbereiteten Musikdaten wieder. Die geographische Positionierung erfolgt im nächsten Schritt. Jedem Datenobjekt, in dem Fall der MusicMap den Interpreten, wird ein eindeutiger Platz in dem zweidimensionalen Raum zugewiesen.

5.5.3. Das Datenobjekt und seine Struktur

Die Datenmenge setzt sich aus *Objekten* zusammen, die aus dem eigentlichen *Inhalt* - in diesem Fall dem Musikstück - sowie zusätzlichen *Parametern*, sog. Metadaten aus einer übergeordneten Quelle - in diesem Fall beispielsweise Genre, Interpret, Dauer, Spielhäufigkeit - bestehen, siehe Abbildung 5.17.

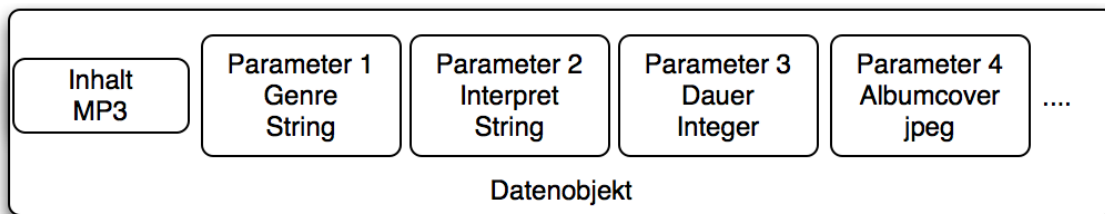


Abbildung 5.17: Datenstruktur, bestehend aus Inhalt und Parametern.

5.5.4. Sortierung: Designentwurf einer Topologie

Sind die Parameter eines Datenobjekts *sortierbar* [147] können die Objekte anhand zweier Parameter in ein einfaches x/y-Koordinatensystem auf der zweidimensionalen Fläche verteilt werden. Weitere Parameter können beispielsweise anhand von Objektform, -farbe und -größe visualisiert werden.

Andernfalls müssen Topologien erstellt werden. Das kann über *Clustering anhand der Metadaten* oder auf *Basis von Ähnlichkeitsanalysen* geschehen [140]. Beim Clustering wird eine hierarchische Ordnung über eine Untermenge der Metadaten definiert - im Folgenden als *Metastruktur* bezeichnet. Sie stellt einen Entscheidungsbaum dar, anhand

dessen die Objekte einen Pfad von der Wurzel bis zum Blatt durchlaufen. Ähnlichkeitsanalysen berechnen Ähnlichkeiten von Musiktiteln hinsichtlich Frequenz, Modulation und anderer musikalischer Charakteristika.

5.5.4.1. Topologien von Musikdatensätzen

Bei Musikdaten sind qualifizierbare Parameter wie beispielsweise Dauer und Datum vorhanden. Die semantische Bedeutung der Metadaten muss aber entsprechend den Erwartungen und des Verhaltens des Benutzers gewichtet werden. Benutzer identifizieren Musik anhand des Titels und des Interpreten, die folglich die wichtigsten Parameter eines Musikdatenobjekts darstellen [170]. Da eine Sortierung anhand von Titeln durch deren große Anzahl zu einem Übersichtsverlust führt, kommt weder eine Ähnlichkeitsanalyse noch eine Metadaten sortierung auf Titelbasis in Frage. Die Interpreten können dagegen als Orientierungspunkte auf der Landkarte eingesetzt werden. Sie erlauben dem Benutzer, unbekannte Künstler anhand bekannter Künstler einzuordnen.

Entspricht die Einordnung nicht den Erwartungen des Benutzers, kann er die Struktur über eine Änderung der Metadaten selbst beeinflussen und das Archiv entsprechend personalisieren.

5.5.4.2. Topologie der MusicMap

Basisparameter zur Erstellung einer hierarchischen Metadatenstruktur sind im Falle der MusicMap, die Parameter *Genre*, *Interpret* und *Titel*. Um eine feingranulare Aufschlüsselung der Genres zu erreichen und eine Art von menschlichem Musikverständnis zu integrieren, dient die *City of Pop* [134] als Basis für die Zusammensetzung der Genregruppen. Sie sollen bei der MusicMap die Inseln repräsentieren. Die Stadtbezirke der *City of Pop* werden zusammengefasst, informelle Expertenbefragungen durchgeführt und fehlende Genregruppen ergänzt, siehe Abbildung 5.18a.

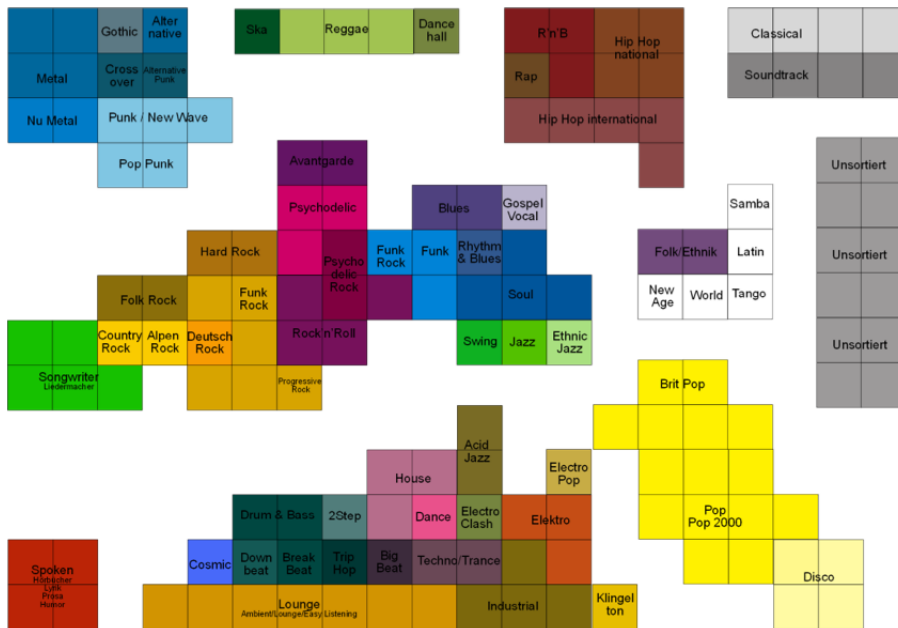
Aus den Genregruppen werden in einem zweiten Schritt feingranulare Genrebäume definiert, siehe Abbildung 5.18b.

5.5.5. Positionierung: Definition einer geographischen Ordnung

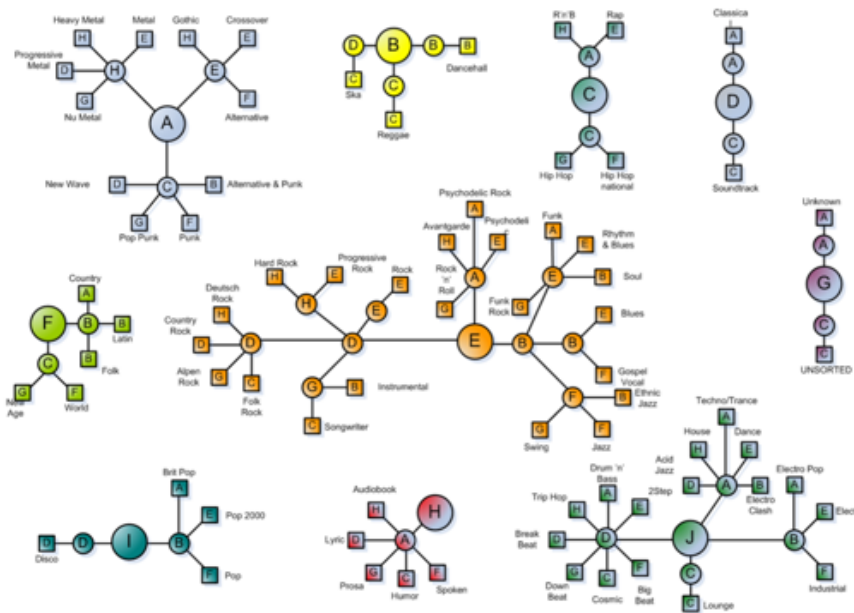
Bei der Positionierung des Baums auf einer planaren Ebene, wird jedem Knoten und jedem Blatt unter Berücksichtigung der Größe und damit der Ausdehnung des jeweiligen Unterbaums eine eindeutige Position zugewiesen.

Zuerst wird den Genrebäumen abhängig von der enthaltenen Menge an Titeln ein Bereich auf der Karte zugewiesen, der die ursprünglichen Nachbarschaften aufrecht erhält. Des Weiteren werden den Knoten der Genrebäume, also der Ebene der Topgenres und Genres entsprechend der *City of Pop* Richtungen (A, B, C und D entsprechen den Himmelsrichtungen, E, F, G und H entsprechen den Zwischenrichtungen) zugewiesen, die in Abbildung 5.18b dargestellt sind.

5.5. MusicMap - Kartographie großer Informationsmengen



(a) Genregruppen auf Basis der *City of Pop* [140].



(b) Definition von Genrebäumen auf Basis der Genregruppen [140].

Abbildung 5.18: Genregruppen, ihre Strukturierung und Positionierung als Grundlage für die MusicMap.

Um sich der Interpreten als Orientierungshilfe zu bedienen, wird die geographische Höhe eines Interpreten über die Menge an Musiktiteln definiert, die er zu dem Archiv beisteuert. Es wird eine Priorisierung geschaffen, welche Künstler bei welchem Maßstab angezeigt werden, um eine adäquate Informationsdichte zu erreichen.

5.5.6. Bedienung der MusicMap

Die Karte entspricht dem Konzept eines *Zoomable User Interfaces*. Über *zoomen* und *pannen* wie in Abbildung 5.19 kann ein Kartenausschnitt im gewünschten Maßstab an einer bestimmten Position festgelegt werden.

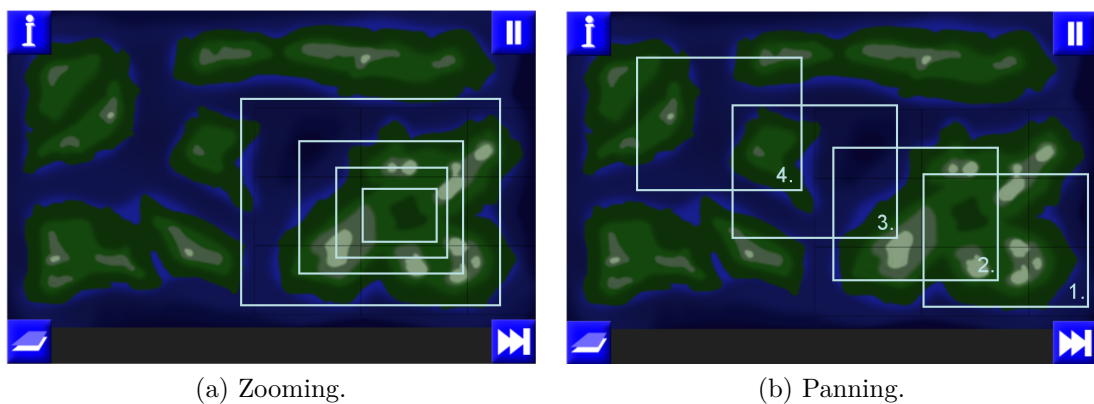


Abbildung 5.19: Grundprinzipien des Zooming und Panning nach [156].

Damit wird das Musikarchiv auf eine Untermenge eingegrenzt, aus der nach einem Zufallsprinzip Musikstücke gespielt werden. Nachdem die Musikstücke in einer Landschaft liegen, können Abspiellisten, wie die Zufallsliste über einen Ausschnitt oder vordefinierte Abspielfolgen als Route dargestellt werden, siehe Abbildung 5.20. Ähnliche Ideen zur Visualisierung von Abspiellisten werden in [98] vorgeschlagen. Analog zum Navigationssystem sind Routenkriterien auswählbar, beispielsweise fröhliche Stücke.

Letztlich muss die Funktionalität, die üblicherweise durch die Datenobjekte angeboten wird, in das Anzeigekonzept integriert werden. Im Falle von Musikdaten ist dies Abspielen, Stoppen, Wiederholen und Weiterspringen von Musikstücken in einer bestimmten Reihenfolge.

5.5.7. Abbildung der Parameter

Dem Topologiekonzept liegen Genre, Album und Künstler zu Grunde. Ein Musikstück verfügt jedoch über eine Menge weiterer Parameter, wie beispielsweise Hörfrequenz, Dauer und Entstehungsjahr. Die Parameter können über die Techniken der thematischen Karte angezeigt werden.

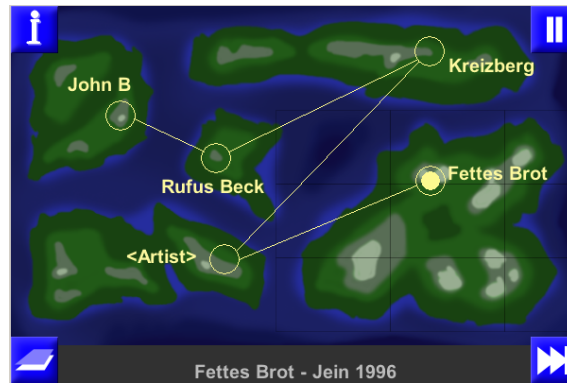
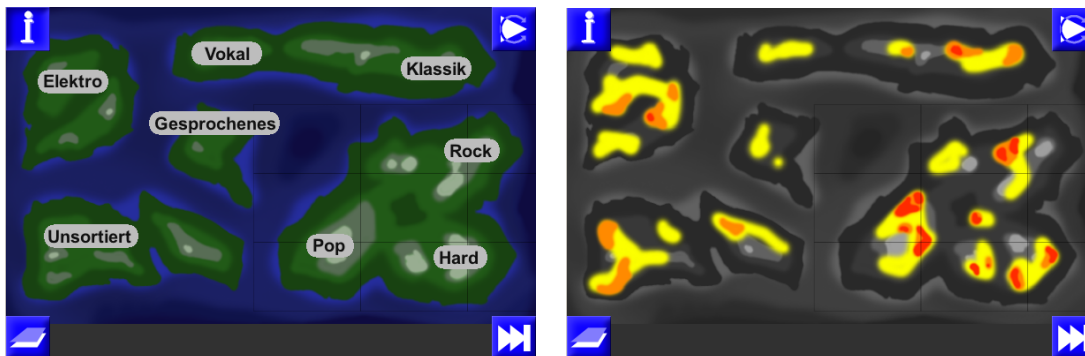


Abbildung 5.20: Zufällige Playliste als Navigationsroute.

Ein Filter entscheidet durch ein Ausschlussverfahren für jedes einzelne Objekt, ob es in der Ergebnismenge enthalten ist. Die Ergebnisobjekte werden von der restlichen Menge hervorgehoben und mit Attributen versehen. Ein anderes Konzept weist jedem Datenobjekt abhängig von dem Wert des Parameters, einen bestimmten Wert (z.B. Farbe oder Größe) zu. Das Ergebnis ist eine neue Sicht auf die Datenmenge.

Am Beispiel der Hörhäufigkeit können mit der ersten Methode die zehn am Häufigsten gehörten Interpreten in rot gekennzeichnet oder die Genreinseln wie in Abbildung 5.21a benannt werden. Mit der zweiten Methode wird jedem Interpret abhängig von der Hörhäufigkeit ein Farbwert zugeordnet, beispielsweise schwarz für selten, gelb für mittel und rot für oft gehörte Interpreten wie in Abbildung 5.21b.



(a) Informationsfilter zu den Genreinseln.

(b) Filter über die am Häufigsten gehörten Interpreten.

Abbildung 5.21: Beispiele für Informationsfilter.

5.5.8. Integration scharfer Suchanfragen

Mechanismen zur Befriedigung scharfer Suchanfragen, siehe Abschnitt 5.5.1, sollen in diesem Interaktionskonzept weiterhin zur Verfügung gestellt werden. Eine Möglichkeit ist es, dem Fahrer die genaue Titelwahl per Sprache oder alphanumerischer Eingabe zu ermöglichen. Die Areale, in denen Datenobjekte mit den Suchkriterien übereinstimmen, können über die Spotlightmetapher, wie in *Apple Spotlight*, hervorgehoben werden. Die Spotlichter müssen sich graphisch von dem Spotlight des Fokus von iFlip abheben, um Verwechslungen vorzubeugen. Eine andere farbliche Kennzeichnung, Form oder Größe kann dies vermeiden.

5.5.9. Integration in 3D iFlip

Die Karte stellt eine Möglichkeit zur Visualisierung großer Datenmengen zur Verfügung. Große Datenmengen existieren in FIS wie das Fallbeispiel zeigt bei Musik, aber auch bei Adresslisten. Die Karte ist ein Darstellungsinstrument für Datenstrukturen in Untermenüs. Demnach kann die Karte beispielsweise durch Aktivierung eines Reiters von einer der Tafeln aktiviert werden oder auch zentral dargestellt werden, falls die Navigationskarte inaktiv ist. Die Platzierung kann über Individualisierungsstrategien dem Nutzer überlassen werden. Eine Lösung dazu ist, verschiedene Modi anzubieten, die abhängig von dem Kontext wie beispielsweise Fahrtzeit, Kenntnis der Strecke und Fahrtzweck eine eigene Konfiguration des FIS ermöglichen.

5.6. Fazit

Im Hinblick auf die Anforderungen, Probleme aktueller und Herausforderungen zukünftiger FIS wurden Teilkonzepte erarbeitet, die unterschiedliche Problembereiche lösen und sich zu einem stimmigen Gesamtkonzept ergänzen. Mit 3D iFlip entsteht ein räumliches Gesamtkonzept für FIS, das Einstellungen für Menüpunkte auf deren Rückseiten anbietet und über perspektivische Anordnung das räumliche Erinnerungsvermögen des Anwenders ausnutzt. Die Integration von Licht und Schattenmetaphern in die Menüführung soll die emotionale Wahrnehmung des 3D iFlip erhöhen. Die von den Experten geforderte Integration von Schnellzugriffen wird über ein spiralbasiertes Lesezeichenmenü auf einer übergeordneten Ebene realisiert, das ebenfalls Elemente aus Licht und Schatten zur Menüsteuerung einsetzt. Letztlich wird mit der MusicMap eine kartographische Visualisierung großer Datenmengen anhand von Musikdaten entwickelt.

Im Folgenden sollen die Konzepte durch prototypische Umsetzungen für Anwender erlebbar werden und die Machbarkeit der Ansätze nachweisen. Die prototypischen Demonstratoren sind die Grundlage für eine benutzerbasierte Evaluierung, die Fragen hinsichtlich der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe, der Gebrauchstauglichkeit und der Attraktivität untersucht.

6. Erlebbare prototypische Realisierungen

Prototypische Realisierungen ermöglichen eine Erlebbarkeit der Konzepte.

In Kapitel 5 wurden Konzepte für benutzerzentrierte Metaphern für FIS erarbeitet. Die in der Analyse physikalischer Eigenschaften von Gegenständen, Szenen und fahrbezogener Objekte identifizierten Potenziale, siehe Kapitel 4, bilden die Basis der Konzeption. Das entstandene Konzept und seine Bestandteile werfen einige Fragen auf, die die Verträglichkeit mit der Fahraufgabe sowie die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität betreffen. Zur Beantwortung dieser Fragen sollen empirische Nutzerstudien durchgeführt werden. Dazu werden erlebbare Demonstratoren benötigt, die prototypische Realisierungen in Form vertikaler Durchstiche ermöglichen.

Die Freiheiten der Realisierung werden durch die nicht-funktionalen Anforderungen einer Bedienung im Auto eingeschränkt. Größe der Anzeige und Wahl der Bedienelemente ist vorgegeben. Nach einem Überblick über die Rahmenbedingungen, soll auf die Realisierung der einzelnen Konzeptteile eingegangen werden. Grob wird das Kapitel in die zwei Konzepte iFlip und MusicMap eingeteilt. Die MusicMap bildet zwar ebenfalls einen Bestandteil des iFlip-Konzepts, erfordert aber aufgrund ihrer Komplexität eine besondere Betrachtung. Für jedes Konzept wird auf die Anzeige, Benutzerführung, Bedienung und Implementierung eingegangen. Nachdem die Implementierung in dieser Arbeit lediglich ein Instrument zur Realisierung ist, sollen ihre Aspekte lediglich knapp abgehandelt werden.

6.1. Nicht-Funktionale Anforderungen im Auto

Aus der Umgebung und dem Aufgabenkontext entstehen, wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, Anforderungen, die bei der Konzeption und Realisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle berücksichtigt werden müssen.

Die Anforderungen, die an den Dialog der Mensch-Maschine-Interaktion gestellt werden, wenn eine Interaktion parallel zu einer dominanten Primäraufgabe wie dem Fahren durchgeführt werden soll, wurden in Abschnitt 2.3.5 dargelegt. Darunter fällt beispielsweise die Forderung nach Unterbrechbarkeit der Aufgabendurchführung.

Es existieren weitere Einschränkungen zur Integration in das Cockpit und bezüglich ergonomischer Vorgaben. Die Gestaltung des Cockpits ist wohldurchdacht. Der Fahrer kann auf alle Bedienelemente effizient und ohne Ablenkung von der Fahraufgabe zugreifen. Die Anzeigen aller relevanten Informationen werden in einer Distanz angezeigt, die minimale Blickwege ermöglicht. Im Folgenden werden die Restriktionen beschrieben, die sich daraus für die Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten von FIS ergeben.

6.1.1. Anzeige

Die Anzeige von FIS findet im CID (*Central Information Display*) statt. Das CID befindet sich in der Mitte des Cockpits, damit der Beifahrer die Bedienung des FIS ebenfalls durchführen kann. Die Höhenposition des CIDs hängt von der Eingabemodalität ab, darf aber keinen größeren Blickabwendungswinkel als 30° von der Straße erfordern. Die Größe des CIDs ist von der Ausstattung abhängig und beispielsweise bei dem BMW 5er, 2003, sieben Zoll. Die Anzeige verfügt bei BMW in der höheren Konfiguration typischerweise über ein zusätzliches Assistenzfenster.

In dem entwickelten Konzept wurde auf die Anzeige eines Hilfsfensters verzichtet und statt dessen ein für 3D Darstellungen geeigneter Querschnitt gewählt.

6.1.2. Bedienung

In aktuellen kommerziellen Produkten haben sich für die Eingabe in FIS zwei Bedienelemente durchgesetzt, der *multifunktionale Controller*, auch *ZBE* genannt, und der *Touchscreen*. Die unterschiedliche Funktionsweise der Eingabegeräte in der Handhabung hat Auswirkungen auf die Dialogführung und Anzeige.

6.1.2.1. Multifunktionales, zentrales Bedienelement

Das multifunktionale Bedienelement ist getrennt von der Anzeige in der Mittelkonsole platziert. Diese Anordnung ermöglicht eine Positionierung des Displays in der Mitte des Cockpits auf der Höhe des Kombiinstrumente. Es wird eine optimale Ableseposition gewährleistet, die minimale Wege für Blickabwendungen von der Fahraufgabe erfordert. Zusätzlich ist die ergonomische Platzierung des Bedienelements ideal. Der Fahrer muss lediglich seine Hand vom Lenkrad auf die Mittelkonsole gleiten lassen und kann das Bedienelement ohne Blickzuwendung umfassen.

Die Funktionsweise des multifunktionalen Controllers variiert je nach Hersteller. In der vorliegenden Arbeit wurde das *BMW iDrive* des 5er BMWs Jahrgang 2003 als Bedienelement gewählt, das die Basis für die empirischen Untersuchungen darstellt. Abbildung 6.1 zeigt schematisch die Bedienmöglichkeiten dieses Controllers: Schieben in vier Himmelsrichtungen, Drehen und Drücken. Zusätzlich werden zwei Tasten angeboten, die mit *Menü*, einer Rückkehr ins Hauptmenü, und *PTT*¹, eines Befehls zur Eingabe von

¹Push to talk

Sprachbefehlen, belegt sind.

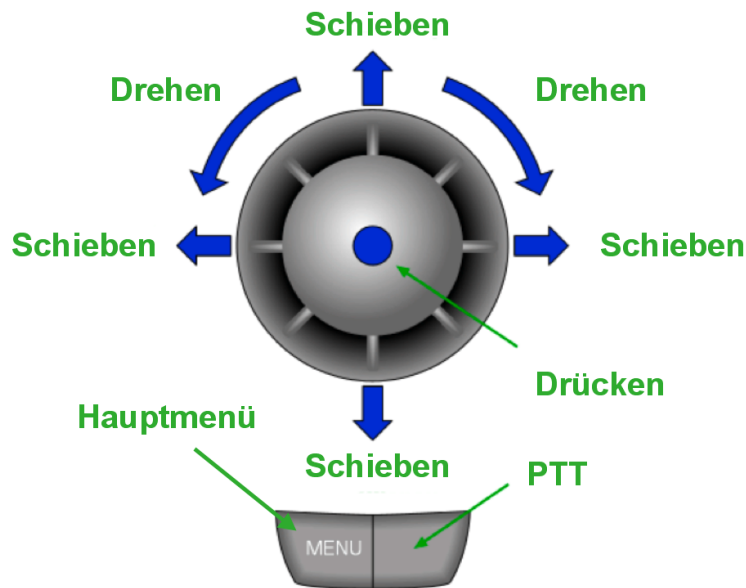


Abbildung 6.1: Die Bedienmöglichkeiten des iDrive.

Für ein nachvollziehbares Interaktionskonzept müssen Dialogstruktur, graphische Anzeige und konzeptuelles Modell des zentralen Bedienelements zueinander passen. Dem Nutzer wird die Einarbeitung erschwert, da das konzeptuelle Modell des Bedienelements und dessen Zusammenspiel mit der Dialogstruktur und graphischen Anzeige erlernt werden muss. Es existiert ein großer Vorteil des zentralen Bedienelements. Idealerweise ermöglicht das haptische Feedback des Controllers nach der Einarbeitung eine Blindbedienung, die die Anforderungen der Fahraufgabe optimal unterstützt.

Die Funktionsweise des zentralen Bedienelements hat Auswirkungen auf die graphische Darstellung. Der Fokus ist die Repräsentation der Position des Controllers in der Anzeige und muss graphisch hervorgehoben sein. Zusätzlich muss in der Anzeige zu jedem Zeitpunkt transparent sein, welche Folgen eine Bedienung des Controllers hat. Die nächsten Zustände, die erreicht werden können, müssen vorhersehbar sein.

Aktuelle Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit neuen Interaktionskonzepten für eine Eingabe mit multifunktionalem Bedienelement. Ein Beispiel dafür ist eine Kreuzwippe am Lenkrad [133].

6.1.2.2. Berührungssensitive Bedienung

In kommerziellen Produkten wie beispielsweise bei Toyota [165] und Jaguar [97] wird eine berührungssensitive Bedienung mit einem *Touchscreen* realisiert. Der Touchscreen ermöglicht Anzeige und Bedienung an einem einzigen Gerät. Im Auto entsteht dabei jedoch ein Zielkonflikt für die Platzierung des Displays. Es muss ein Kompromiss für

eine vertretbare Ableseposition gefunden werden, die gleichzeitig eine ergonomisch konforme Bedienung, bestenfalls ohne Ablösung der Schulter vom Sitz, erlaubt. Die Bedienung per Berührung könnte ebenfalls abgesetzt von der Anzeige erfolgen, ähnlich zu den *Touch Pads* bei Laptops. Nachdem diese Umsetzung zu dem Zeitpunkt der Arbeit nicht erforscht ist, wurde auf eine weitere Betrachtung dieser Eingabemodalität für FIS verzichtet.

Die Bedienung durch Berührung ist eine sehr intuitive Art der Eingabe und bietet eine Möglichkeit zur direkten Manipulation. Eine Touchbedienung beinhaltet aktivierbare Elemente, die durch eine Berührung mit dem Finger des Benutzers eine Aktion auslösen. Diese Elemente müssen für eine komfortable und fehlerfreie Bedienung ergonomischen Richtlinien genügend. Alle aktivierbaren Elemente müssen in einer Größe angeboten werden, die es dem Benutzer ermöglichen, das Element bequem zu treffen. Damit beanspruchen aktivierbare Elemente mehr Platz, als wenn sie unter Einhaltung der Bedingungen der Lesbarkeit mit einem Controller aktiviert werden. Die graphischen Elemente, die aktivierbar sind, müssen dementsprechend gekennzeichnet sein.

Nachdem Elemente auf dem Bildschirm direkt aktiviert werden können, muss sich der Anwender kein zusätzliches konzeptuelles Modell des Eingabegeräts aneignen. Die Bedienung per Berührung ist sehr intuitiv und erfordert kaum Lernaufwand. Aber der Touchscreen benötigt bei jeder Bedienung wieder visuelle Aufmerksamkeit, ob ein Element getroffen wurde und ob das richtige Element getroffen wurde. Die Anzeige eines Fokus entfällt, da jedes aktivierbare Element der graphischen Oberfläche jederzeit direkt angesprochen werden kann.

6.2. 3D iFlip

Die Basisstruktur des 3D iFlip ist eine räumliche Anzeige von fünf Menütafeln, die jeweils durch Vorder- und Rückseite in Funktionen und Optionen eingeteilt werden, siehe Kapitel 4. Der vorliegende Abschnitt beschreibt die Realisierung und schrittweise Erweiterung eines prototypischen Demonstrators, der 3D iFlip erleb- und bewertbar macht.

3D iFlip wurde mit Java3D implementiert. Java3D stellt eine Bibliothek bereit, die Klassen zur Erzeugung, Darstellung und Manipulation dreidimensionaler Szenen, anbietet. Basis des Java3D ist ein Szenengraph, der dreidimensionale Objekte in Form von Geometriedaten und Transformationen enthält. Java3D bietet viele Vorteile: Plattformunabhängigkeit, freie Verfügbarkeit und die Unterstützung dynamischer Szenen. In einer aktuell angezeigten Szene können Änderungen vorgenommen werden. Zusätzlich können bei akzeptablen Frameraten in komplexen Szenen Effekte wie beispielsweise Lichttypen und komplexe Texturen realisiert werden [122].

Das 3D iFlip dient als Werkzeug zur Durchführung verschiedenster Nutzerstudien, die Fragen zur Animation, Bedienung und Darstellung in FIS betrachten. Das Kapitel soll den Entwicklungsprozess verdeutlichen und zeigen, wie sich das Konzept im Laufe der

Arbeit weiter entwickelt hat. Es wurde um neue Funktionalitäten sowie Mechanismen zur Anzeige und Bedienung erweitert.

Zu Beginn steht das Grundkonzept der perspektivisch angeordneten, graphischen Elemente der Anzeige sowie deren Animation und Bedienung durch Touchscreen und zentralem Bedienelement. Anschließend wurden größere Funktionalitätsumfänge integriert und weitere Animationen zur Navigation in der virtuellen Szene realisiert. Eine Erweiterung und Verbesserung der Menüführung durch die Verwendung von Licht und Schattenmetaphern wurde im nächsten Schritt eingepflegt. Abschließend wurden zwei Realisierungen eines Lesezeichenmenüs eingearbeitet. Es entstand ein flexibler Demonstrator mit einem vertikalen Durchstich an Funktionalitätsumfängen in FIS.

6.2.1. Perspektivische Anzeige von 3D Tafeln mit Rückseiten

Zur Umsetzung des 3D iFlip werden die geometrischen, dreidimensionalen Elemente erzeugt und mittels des Szenengraphen strukturiert. Anschließend werden über die Animationen und die Benutzerführung die Bedienlogik integriert. Der Ablauf ist in Abbildung 6.2 schematisch dargestellt.

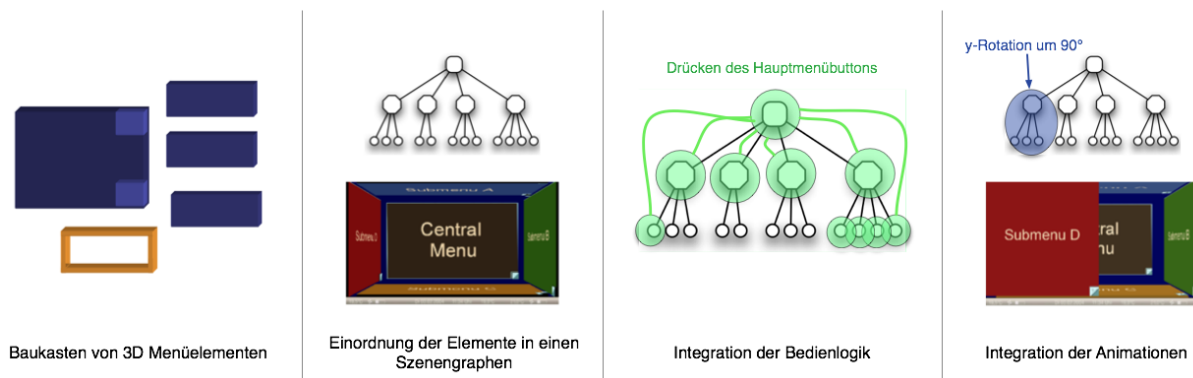


Abbildung 6.2: Logischer Aufbau der Implementierung zu iFlip 3D.

6.2.1.1. Definition eines Baukastens an 3D Elementen

Zur Realisierung der perspektivischen Anzeige von dünnen 3D Tafeln, die über Rückseiten verfügen, wurde zunächst eine Art Baukasten erstellt, der dreidimensionale Tafeln, Menütafeln, Rahmenelemente sowie Reiterelemente mit spezifischen Eigenschaften und Funktionen definiert.

6.2.1.2. Einordnung der Elemente in den Szenengraphen

Auf Basis des Baukastens wurden Elemente der Menüstruktur in einen Szenengraphen entsprechend der perspektivischen Anordnung der Menütafeln und der Struktur des

Menüs mit den geforderten Unter-elementen beispielsweise mit Reitern, Checkboxes und Rahmen eingeordnet. Die Menüstruktur orientiert sich an dem BMW iDrive der 5er Baureihe aus 2003.

6.2.1.3. Animation der 3D Tafeln

Bei der Realisierung des iFlip können zwei Arten von Animationen unterschieden werden: die Animation zum Umdrehen eines graphischen Elements zur Ansteuerung der Rückseite und die Animation zur Aktivierung des Untermenüs. Die Geschwindigkeit der Animation kann über ein Attribut verändert werden.

6.2.1.4. Bedienkonzepte

Der Anspruch an das Anzeigekonzept ist, dass es sowohl mit einem Controller als auch mit einem Touchscreen bedienbar ist. Jedes dieser Eingabeelemente hat individuelle Eigenschaften, die sich ebenfalls auf die Anzeige auswirken. Es werden graphische Hinweise auf die Bedienung gegeben, die eine intuitive Handhabung ermöglichen, indem ein Aufforderungscharakter erzeugt wird. Es entstanden zwei verschiedene Ausprägungen des Prototypen, die den Anforderungen und Eigenheiten des jeweiligen Bedienelements entsprechen.

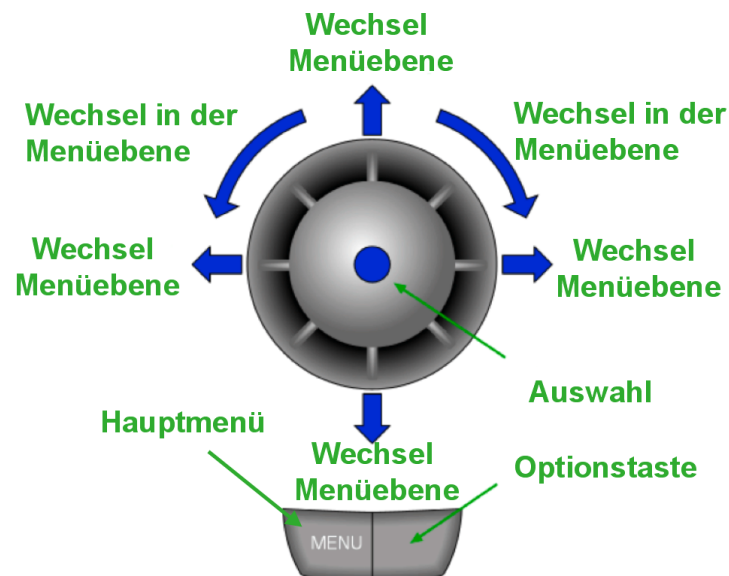


Abbildung 6.3: Abbildung der Interaktionsaktionen in 3D iFlip auf das Bedienelement iDrive.

Multifunktionaler Controller Das Modell der graphischen Oberfläche muss sich mit dem Modell des Bedienelements ergänzen. Die Belegung der Manipulationsmöglichkeiten des

Bedienelements zeigt Abbildung 6.3. Der Fokus wird in der ersten Implementierungsstufe als oranger Rahmen dargestellt.

Im Folgenden wird die Bedienung durch den multifunktionalen Controller beschrieben. Durch Schieben in die vier Himmelsrichtungen erfolgt ein Wechsel in der Menühierarchie. Im Zustand Hauptmenü liegt der Fokus auf dem zentralen Menü. Die Untermenüs werden in der Richtung ihrer geometrischen Lage angesteuert. Beispielsweise wird durch Schieben nach links die linke Menütafel aufgeklappt. Die restlichen Richtungen erfolgen analog. Der Fokus liegt nun auf den Reitern der betreffenden Menütafel. Schiebt der Benutzer weiter in Richtung Menü bewegt er sich tiefer hinein, und der Fokus liegt jetzt auf einem der Elemente der Interaktionstafel. Alternativ kann der Nutzer durch Drücken in das Menü des fokussierten Reiters springen. Die inverse Bewegung des Bedienelements, also Schieben Richtung Zentrum, lässt den Fokus zurück auf die Reiter und von dort zurück in das Zentrum springen.

Innerhalb eines Menüs werden die Elemente per Drehen angesteuert. Liegt der Fokus beispielsweise auf den Reitern, werden diese durch Drehen nacheinander fokussiert. Drücken aktiviert die Funktion auf der der Fokus gerade liegt.

Die beiden Tasten unterhalb des iDrive sind ebenfalls mit Funktionalität belegt. Die *PTT*-Taste wird eine Optionstaste und dreht die fokussierte Tafel um. Durch das Drücken auf die *Menü*-Taste wird das Menü in die Hauptmenüansicht versetzt. Die Tafeln werden eingeklappt und falls eine der Tafeln die Rückseite zeigt, wird sie auf die Vorderseite zurückgedreht.

Abbildung 6.4 zeigt vier Bildschirmabzüge des 3D iFlip mit multifunktionalem Bedienelement. Der Fokus ist als oranger Rahmen repräsentiert. Besonderheiten sind bei den Lautstärkereglern erkennbar. Hier wird durch Drehen die Position der Reglernadel verändert.

Touchbedienung Die Touchbedienung ist eine direkt manipulative Eingabeform. Alle aktivierbaren Elemente können unverzüglich betätigt werden. Sie müssen allerdings in einer adäquaten Größe dargestellt werden.

Mechanismen der graphischen Oberfläche, wie beispielsweise die Rückkehr zur Hauptmenüansicht oder das Umklappen der Menütafeln muss durch eine graphische Repräsentation zusätzlich angezeigt werden. Eine Ansteuerung der perspektivisch weggeklappten Menütafeln erfolgt durch eine Berührung der betreffenden Menütafel an einer beliebigen Stelle. Soll eine Tafel wieder zurückgeklappt werden, kann der Benutzer diese durch Tippen auf den Hintergrund der Tafel „weschubsen“.

Abbildung 6.5 zeigt die graphische Bedienoberfläche für eine Touchbedienung. Für die Funktionalitäten „Rückkehr zur Hauptmenüansicht“ und „Umdrehen der aktuellen Menütafel“ werden auf jeder Interaktionstafel graphische Repräsentanten in Form von Ikonen angezeigt. Das vermittelt bei dem Umdrehvorgang den Eindruck, die Interaktionstafel würde um die eigene Achse geschubst werden.

6. Erlebte prototypische Realisierungen



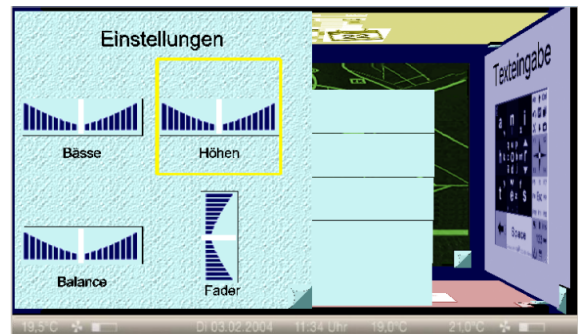
(a) Hauptmenü



(b) Rückseite der Navigationskarte mit Fokus auf dem Element *Sprachhinweise*



(c) Audiomenu mit Fokus auf dem Reiter *Manuell*.



(d) Rückseite des Audiomenu mit Fokus auf dem Regler *Höhen*

Abbildung 6.4: Umsetzung des iFlip, ausgelegt für eine Bedienung mit multifunktionalem Controller.

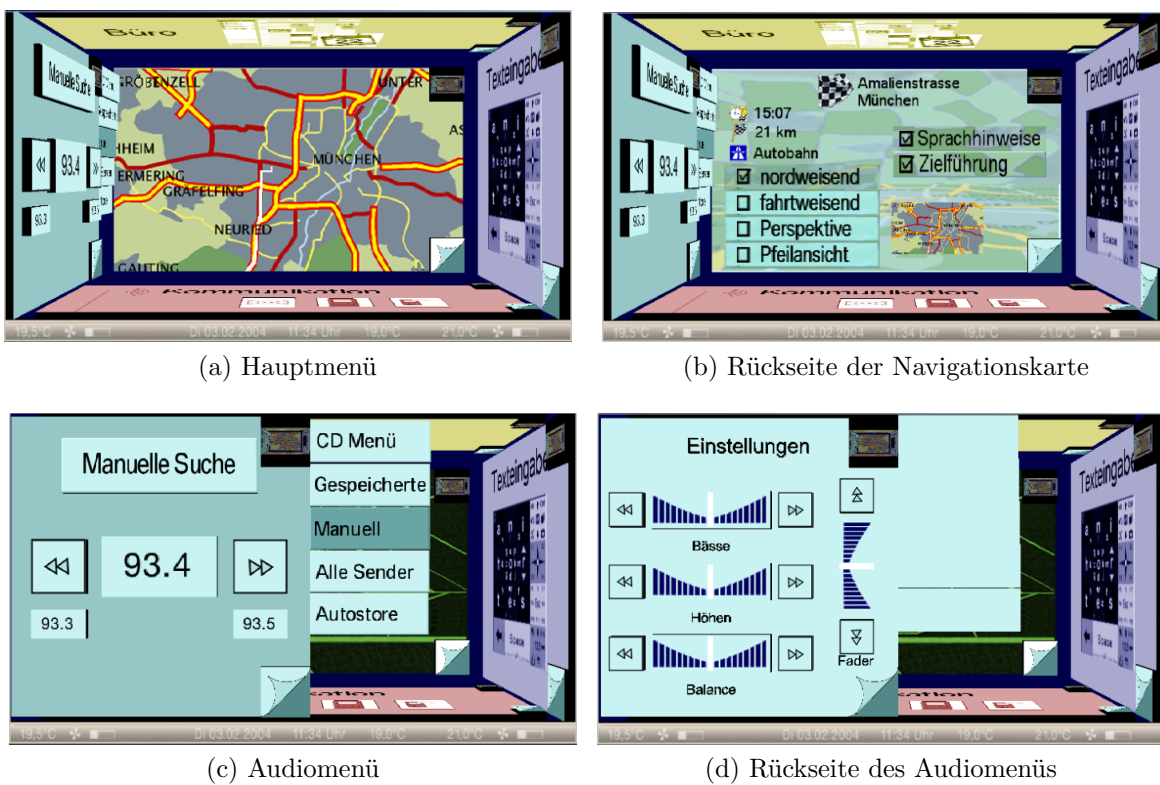


Abbildung 6.5: Umsetzung des iFlip, ausgelegt für eine Bedienung mit Touchscreen.

Unterschiede in der graphischen Umsetzung In den Bildschirmabzügen zur Touchbedienung in Abbildung 6.5 existieren deutliche Unterschiede zu der graphischen Umsetzung für die Eingabe mittels multifunktionalem Bedienelement in Abbildung 6.4. Die Funktionalitäten „Rückkehr zur Hauptmenüansicht“ und „Umdrehen der aktuellen Menütafel“ müssen bei dem zentralen Bedienelement nicht extra graphisch repräsentiert werden, sondern werden über die Tasten angesteuert. Das graphische Zeichen für den Umdrehvorgang wird aus Gründen des Aufforderungscharakters verkleinert angezeigt. Zusätzlich müssen bei den graphischen Reglern zu der Bedienung durch Berührung graphische Elemente angezeigt werden. Wird auf eines der Elemente getippt, bewegt sich der Regler in die entsprechende Richtung. Es werden im Gegensatz zu der Controllerbedienung pro Regler zwei aktive Bedienelemente benötigt. Für die Bedienung durch Berührung wird kein Fokuselement benötigt.

6.2.1.5. Funktionalität

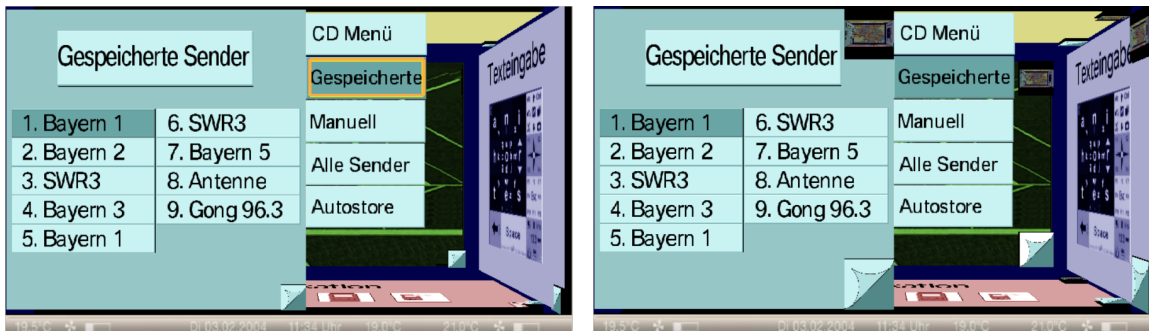
Das Kriterium zur Strukturierung der Funktionalität ist von der Anzeige unabhängig. Es spielt keine Rolle, ob die Funktionalität geräteorientiert, funktionsorientiert oder objektorientiert gegliedert ist. Um eine Vergleichbarkeit mit verfügbaren listenbasierten Systemen zu gewährleisten, wurde eine konventionelle geräteorientierte Aufteilung gewählt. Zentral wird als wichtigstes Element eine Kartenansicht der Navigation angezeigt. Die vier perspektivischen Menüs werden mit Büro (oben), Klima (rechts), Kommunikation (unten) und Audio (links) belegt.

In der ersten Umsetzung sind nur zwei der fünf Menüs mit Funktionalität ausgestattet. Die restlichen Menüs werden durch Texturen simuliert. Es soll mit möglichst wenig Aufwand eine Realisierung zur Verfügung stehen, die erste Vergleiche mit herkömmlichen Präsentationsformen in Abschnitt 7.1, zwischen Bedienelementen in Abschnitt 7.2 und zu Animationen in Abschnitt 8.1 ermöglicht.

Auf der linken Tafel wurde ein Audiomenü realisiert. Dessen Untermenüs entsprechen dem konventionellen Listenmenü, das in einer Simulation zur Durchführung einer vergleichenden Untersuchung zur Verfügung stand. Über Reiter können die fünf Menüpunkte, siehe in Abbildung 6.4c und 6.5c, *CD Menü*, *Gespeicherte Sender*, *Empfangbare Sender*, *Alle Sender* und *Manuell* angewählt werden. In den Menüs *Gespeicherte Sender*, *Empfangbare Sender* und *Alle Sender* wurden die Sendernamen über Listen wie in Abbildung 6.6 zur Verfügung gestellt. Das Menü *Manuell* bietet dem Fahrer die Möglichkeit über einen Regler die Senderfrequenz einzustellen.

Auf der Rückseite des Audiomenüs werden Klangeinstellungen angeboten. Über Regler kann der Benutzer *Bässe*, *Höhen*, *Balance* und *Fader* anpassen, siehe Abbildung 6.4d und 6.5d. Die Ausrichtung des Faders weicht von den restlichen Elementen ab, um die Regelung der Lautstärke von vorne nach hinten im Auto realitätsgetreu abzubilden.

Zusätzlich wurde auf der zentralen Tafel ein vertikaler Durchstich des Navigationsmenüs umgesetzt. Auf der Vorderseite wird die Navigationskarte dargestellt. Hinten auf der Rückseite befindet sich ein Einstellungs Menü zur Variation der Kartenanzeige sowie



(a) Radioliste für die Controllerbedienung.

(b) Radioliste für die Touchbedienung.

Abbildung 6.6: Listendarstellung der Sender im Radiomenü.

der Aktivierung von Zielführung und Sprachhinweisen. Die Abbildungen 6.4b und 6.5b zeigen Bildschirmfotos der Funktion.

6.2.2. Animationen zur Menüführung

Im Laufe der Arbeit kam die Diskussion auf, ob eine Navigation in dreidimensionalen Szenen insbesondere das Wayfinding, siehe Abschnitt 2.4.6, zu Interferenzen mit der Navigationsaufgabe des Fahrens, siehe Abschnitt 2.3.3, führt. Zum Vergleich animierter Navigationswege in dreidimensionalen Szenen wurden drei Varianten der Navigationspfade in die Untermenüs implementiert. Es handelt sich um die Animation, die eine perspektivisch weggeklappte Menütafel zentriert. Bis dato werden die Tafeln in das Zentrum der Interaktionsfläche geschwungen. Dabei werden die entsprechenden Koordinatensysteme der Elemente in der Szene, der Szene und des Anwenders systematisch variiert. Um eine Vergleichbarkeit der Animationen zu gewährleisten, wurde die Geschwindigkeit der Animationen auf 500 ms normiert.

6.2.2.1. Auf- und Einschwingen der Fenster

Die Menütafeln schwingen, wie in Abschnitt 6.2.1.3 beschrieben, in die Hauptinteraktionsebene. Dem liegt eine Metapher zu Grunde, die das Zu- bzw. Aufklappen eines Fensterladens abbildet. Es ändert sich lediglich die Ausrichtung eines einzigen graphischen Elements in der Szene. Der Betrachtungspunkt des Benutzers bleibt unverändert. Eine derartige Animation wird als *exozentrisch* bezeichnet. In der Systemergonomie wird von einer Folgeaufgabe gesprochen. In Abbildung 6.7 ist der Ablauf der Animation schematisch dargestellt.

6. Erlebte prototypische Realisierungen



Abbildung 6.7: Navigationspfad in dem System Fenster.

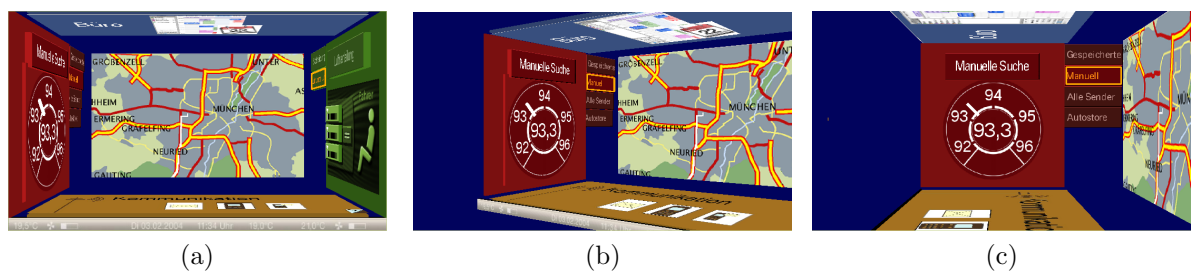


Abbildung 6.8: Navigationspfad in dem System Würfel.

6.2.2.2. Würfeldrehung

Durch die perspektivische Anordnung der Interaktionstafeln in 3D iFlip hat der Anwender den Eindruck in einen Raum oder Würfel zu blicken. Soll ein Wechsel des Untermenüs im Zentrum stattfinden, dreht sich die gesamte Szene bis das Untermenü mittig und unverzerrt angezeigt wird. Der Benutzer hat das Gefühl einen Würfel in der Hand zu halten und diesen so zu drehen, bis er die Gewünschte Seite des Innenlebens zentriert hat. Diese Animation stellt ebenfalls eine exozentrische Realisierung dar. Der Vorgang der Animation wird in Abbildung 6.8 visualisiert.

Die Seite, die gegenüber von dem zentralen Menü, in diesem Fall der Navigationskarte, angezeigt wird, bleibt leer. Eine Anzeige eines weiteren Menüs würde den Grundgedanken zerstören, dass alle Menüs auf einen Blick sichtbar sind. Die kognitive Last des Benutzers sich daran zu erinnern, dass er ein Menü im Rücken hat, soll vermieden werden. Eine andere Lösung, die Anzeige des verdeckten Menüs gegenüber dem zentralen Menü, zerstört das physikalische Modell, dass der Benutzer mental von der Menüstruktur abgelegt hat. Bei dieser Lösung bleibt der Betrachtungspunkt des Anwenders fest und die gesamte virtuelle Szene bewegt sich durch die Animation.

6.2.2.3. Benutzerdrehung im Raum

Nachdem der Betrachter mit einem Raum interagiert, ist eine dritte Animationsvariante die Bewegung des Betrachters im Raum. Soll ein Untermenü angesteuert werden, betritt

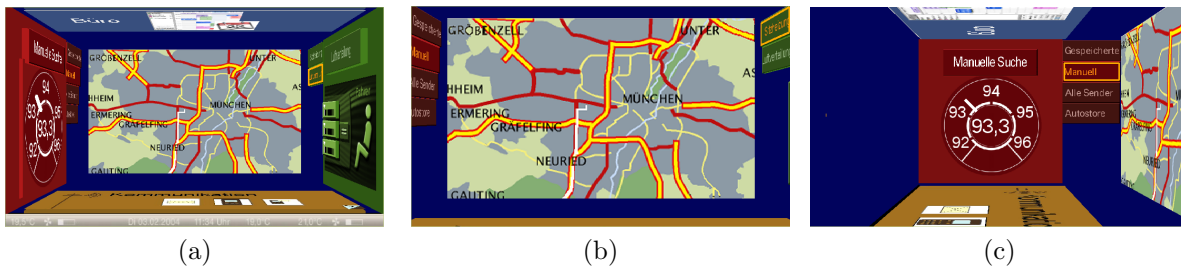


Abbildung 6.9: Navigationspfad in dem System Raum.

der Betrachter den Raum im Würfel und dreht sich in Richtung der Wand mit dem entsprechenden Untermenü. Diese Animation ähnelt der Animation eines Avatars in einer dreidimensionalen Szene. Bei computerbasierten Spielen werden solche Animationen zur Erkundung der virtuellen Welt eingesetzt. Der Beobachtungspunkt des Betrachters wird verschoben, die Szene bleibt fest. Es wird von einer egozentrischen Bedienung und von einer Kompensationsaufgabe gesprochen. Abbildung 6.9 zeigt eine Sequenz der Benutzerdrehung. Aus den gleichen Gründen wie bei der Würfeldrehung bleibt die Seite gegenüber der Karte leer.

6.2.2.4. Realisierung der Navigationsanimationen

Abhängig von der Animationsart wird die geometrische Transformation auf einen bestimmten Knoten des Szenegraphen angewendet. Bei dem ein- und ausschwingen der Menütafeln wird die Rotation auf den Knoten mit der entsprechenden Menütafel und all ihren Kindern gerechnet. Bei der Drehung des Würfels erfolgt die Rotation am Wurzelknoten der Geometrielemente, um alle Elemente zu manipulieren. Letztlich werden bei der Benutzerdrehung im Raum die Transformationen auf die Kamera gerechnet.

6.2.2.5. Integration weiterer Funktionalität

Um die Auswirkung der Animationsvarianten auf die Erstellung des mentalen Modells zu evaluieren, wurden die bisherigen Funktionalitätsumfänge erweitert. Ziel war es, viele verschiedene Orte in der dreidimensionalen Szene anzusteuern und ein vollständiges mentales Modell der virtuellen Szene zu erzeugen. Gleichzeitig wurde das Design von 3D iFlip überarbeitet und den Farben des BMW iDrive [38] angepasst, siehe Abbildung 6.10.

Das Klimamenü bestehend aus den zwei Unterpunkten Sitzheizung und Luftverteilung erweitert die Funktionalitätsumfänge. Die Sitzheizung reguliert über zwei Schaltflächen die Sitzwärmeverteilung für Fahrer und Beifahrer. Bei der Luftverteilung kann über drei graphische Regler die Luftverteilung für unten, mitte und oben verändert werden. Bildschirmfotos der Sitzheizung und der Luftverteilung sind in Abbildung 6.11 dargestellt.

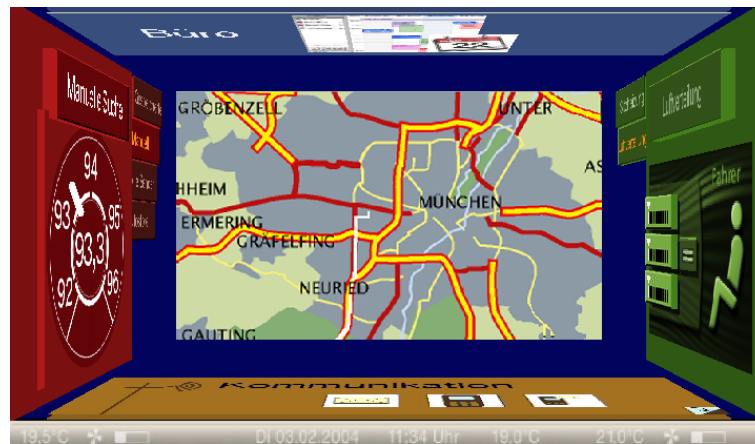


Abbildung 6.10: Neugestaltung des 3D iFlip.



(a) Menü zur Sitzheizung.

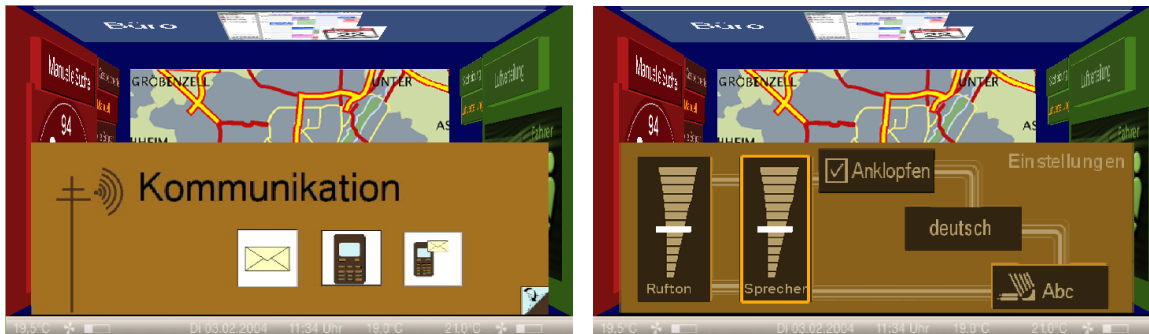
(b) Menü zur Luftverteilung.

Abbildung 6.11: Erweiterung der Funktionalität des 3D iFlip um ein Klimamenü.

Einstellungen auf der Rückseite des Kommunikationsmenüs vervollständigen die Funktionalitätsintegration. Die Menüpunkte Klingeltonlautstärke und Sprachausgabenlautstärke können über Regler eingestellt werden. Kontrollkästchen bieten eine Auswahl der Menüpunkte *Ruftonlautstärke*, *Sprecherlautstärke*, *Anklopfen*, *Sprache* und *Worterkennung* an. Abbildung 6.12 zeigt einen Bildschirmabzug der Optionen zum Kommunikationsmenü.

6.2.3. Menüführung durch Licht und Schatten

Licht und Schatten sind in der realen Welt allgegenwärtig, und jeder Mensch macht seine Erfahrungen mit diesen physikalischen Elementen. Durch den extremen Einfluß auf die Stimmung des Menschen soll neben der Gebrauchstauglichkeit die Attraktivität der graphischen Benutzeroberfläche durch eine sorgfältig durchdachte Verwendung von Licht und Schatten erhöht werden.



(a) Vorderseite des Kommunikationsmenüs.

(b) Rückseite des Kommunikationsmenüs.

Abbildung 6.12: Erweiterung der Funktionalität des 3D iFlip um ein Kommunikationsmenü.

Der aktuelle Menüzustand soll mittels Licht und Schatten effizienter an den Nutzer vermittelt werden. Die Erhellung aktiver Menütafeln der Dialogebene und die gleichzeitige Abdunklung der restlichen Menüelemente steuert die Aufmerksamkeit des Betrachters und verbessert die Übersichtlichkeit. Eine Darstellung des graphischen Fokus durch ein Spotlicht gewährleistet eine konsequente Umsetzung dieser Idee. Als weiteres Element wird die Anzeige binärer aktiver Elemente der Funktionsebene durch eine Glühbirnenmetapher benutzt, die insbesondere die Attraktivität des Interaktionskonzepts verbessern soll. Die Umsetzung in dem bestehenden Demonstrator wird im Folgenden dargelegt. Eine detaillierte Dokumentation dieser Themen ist in [160] ausgeführt.

6.2.3.1. Allgemeine, dynamische Beleuchtung

Die allgemeine dynamische Beleuchtung zur Benutzerführung in 3D iFlip besteht aus zwei konzeptuellen Komponenten: Erhellung der relevanten Bereiche und Abdunklung der restlichen Elemente. Deren Realisierung erfolgt über sogenannte Shadowmaps.

Die Abdunklung der irrelevanten Bereiche verändert die Helligkeit der aktivierbaren Elemente nicht, lediglich der Hintergrund wird verändert. Dadurch kann der Benutzer die Funktionen und deren Zustände noch wahrnehmen.

In Java3D können über die Klasse `TextureUnitState` mehrere Texturen über ein Objekt gelegt werden. Durch den Texturmodus `TextureAttributes.BLEND` wird die Menütextur durch eine Schattentextur verdunkelt. Dabei ist der Schatten eine einfarbige graue Kachel und kein real berechneter Schattenwurf, der von Java3D in dieser Version noch nicht unterstützt wird. Eine schrittweise Aufhellung während der Bewegungsanimation gewährleistet einen weichen und angenehmen Übergang. Der Anwender hat das Gefühl, das aktivierte Menü wird angestrahlt.

In Abbildung 6.13 ist exemplarisch der Zustandswechsel von dem Navigationsmenü zu dem Klimamenü dargestellt. In Abbildung 6.13a ist die zentrale Karte hell und gut ausgeleuchtet. Der Wechsel in der Szenenkomposition und dem Menüzustand wird durch

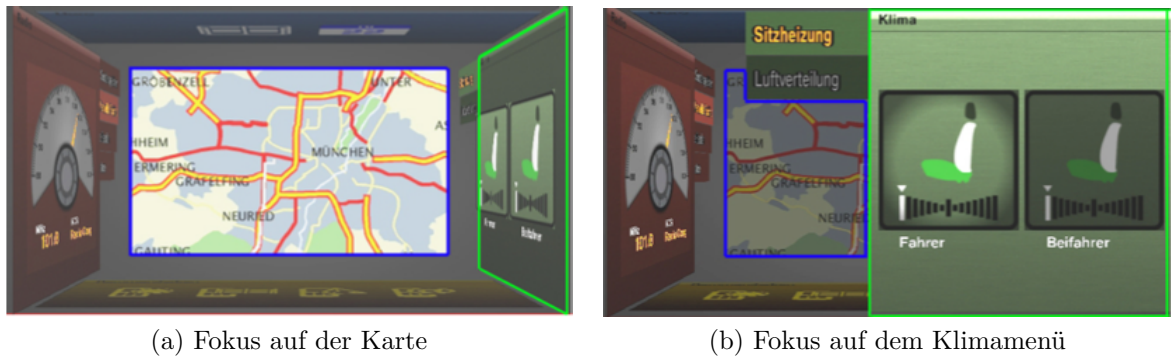


Abbildung 6.13: Verschiebung der Helligkeit von der Navigationskarte auf das Klimamenu [160]

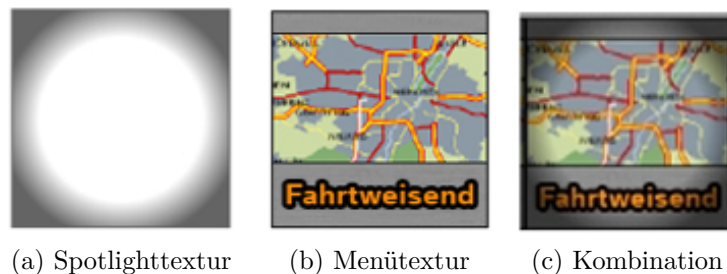


Abbildung 6.14: Realisierung eines Spotlights auf einer Schaltfläche zur Kartenansicht [160]

eine helle Darstellung des Klimamenus und einer Abdunklung der Navigationskarte in Abbildung 6.13b verdeutlicht.

6.2.3.2. Spotlight

Durch die Repräsentation des Fokus mittels eines Spotlights wird mithilfe von Kontrasten ein Schwerpunkt in der Szene gesetzt. In Abbildung 6.13b liegt der Fokus repräsentiert als Spotlight auf dem Regler zur Verstärkung der Sitzheizung des Fahrers.

Die Realisierung eines Spotlights als Fokus wird ebenfalls über mehrere Texturebenen umgesetzt. In Java3D existiert zwar eine Klasse `Spotlight`, sie benötigt aber ein Objekt aus vielen Polygonen, um einen realistischen und gut wahrnehmbaren Effekt zu erzielen. Alle Elemente werden durch eine `Shadowmap` mit einem hellen Grauwert überlagert. Über die helle Textur des fokussierten Elements wird eine `Spotlighttextur`, siehe Abbildung 6.14b, gelegt. Weiße Pixel in einer `Shadowmap` verändern den Farbwert der Elementstruktur nicht. Durch den weißen Kreis in der Mitte entsteht die Visualisierung eines Spotlights.

Mithilfe der Funktion `setTextureTransform` der Klasse `TextureAttributes` kann die

Textur auf dem Element verschoben werden und ein weicher Übergang des Spotlights umgesetzt werden. Der Anwender hat den Eindruck, dass sich ein Lichtkegel über die Fläche bewegt.

6.2.3.3. Glühbirnen als Checkboxes

Die Glühbirne soll die unnatürliche Darstellung eines Kontrollkästchens ersetzen. Es soll an den Benutzer zurückgemeldet werden, ob eine Funktion aktiv ist. Die Glühbirnen wurden über ein zusammengesetztes dreidimensionales Objekt umgesetzt. Wird die Funktion in der graphischen Bedienoberfläche aktiviert, ändert sich der Farbwert der Glühbirne. Durch eine halbtransparente Textur entsteht ein Schein um das Glühlämpchen, siehe Abbildung 6.15.

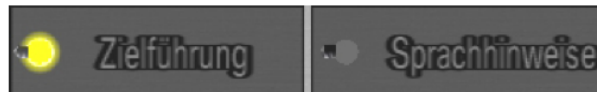


Abbildung 6.15: Realisierung einer Glühbirne mit der Funktion eines Kontrollkästchens [160].

6.2.4. Integration von Lesezeichen

Die Integration von Schnellzugriffen in Form von Lesezeichen besteht aus zwei konzeptuellen Teilen, der Aktivierung der übergeordneten Ebene und der Bedienung der Lesezeichen. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf [160] verwiesen.

6.2.4.1. Aktivierung der Lesezeichen

Wie in Abschnitt 5.4.2 beschrieben werden die Lesezeichen auf einer hellen Ebene angezeigt. In der Realisierung entstehen zwei Schritte, die animierte Anzeige einer hellen Ebene und die Einblendung oder Ausblendung der Lesezeichen oder des Menüs.

Der Hintergrund der dreidimensionalen Szene in 3D iFlip hat im normalen Zustand eine dunkelgraue Färbung. Ähnlich zu den vorherigen Konzepten wird eine weitere Texturebene verwendet, die schrittweise hellere Ebenen einblendet. Ein weicher Übergang wird erzeugt.

Gleichzeitig wird das aktuelle Menü durch die Variation des Transparenzgrades ausgeblendet und die Lesezeichen eingeblendet. Für die Rückkehr in das perspektivische Menü des 3D iFlip wird die umgekehrte Reihenfolge ausgeführt. Die Animation des Übergangs benötigt etwa eine Sekunde. Abbildung 6.16 zeigt den schrittweisen Übergang zwischen den beiden Menüs.

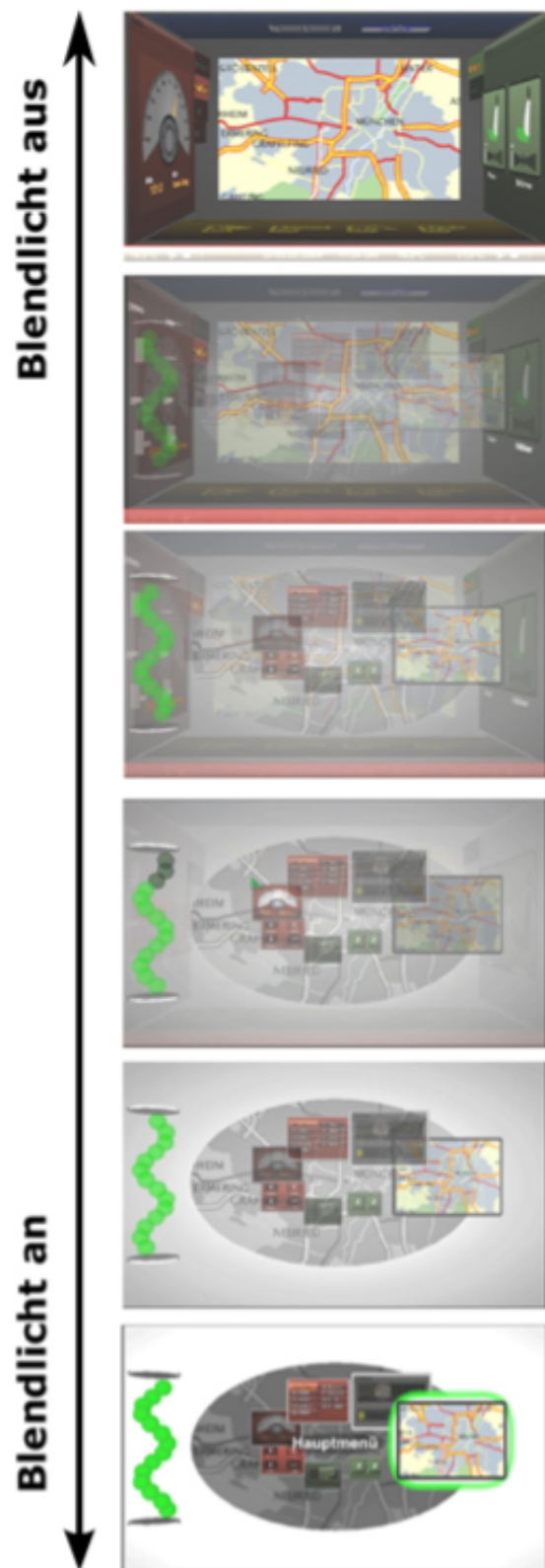


Abbildung 6.16: Animierter Übergang auf die übergeordnete Ebene des spiralbasierten Lesezeichenmenüs [160].

6.2.4.2. Anzeige der Lesezeichen

Die Lesezeichen werden durch rechteckige Polygone realisiert, deren Textur dem Menü entspricht, auf das zugegriffen werden kann. Sie sind spiralförmig angeordnet und können sequentiell angesteuert werden. Abbildung 6.17 zeigt einen Bildschirmabzug der Lesezeichenspirale. Der Fokuswechsel von einem Lesezeichen zum nächsten wird durch eine Animation visualisiert.

Der Blickpunkt des Benutzers wird in der Tiefe variiert. Der Anwender hat das Gefühl, in die Spirale hineinzudrehen. Die Position der einzelnen Spiralelemente bleibt unverändert, um eine minimale Dauer zur Erkennbarkeit des Minibilds zu gewährleisten. [55] haben in einer empirischen Untersuchung herausgefunden, dass eine unveränderte Position im Gegensatz zu einem festen Fokus und einer Rotation der gesamten Spirale weniger Fehler und schnellere Erkennungsraten gewährleistet.

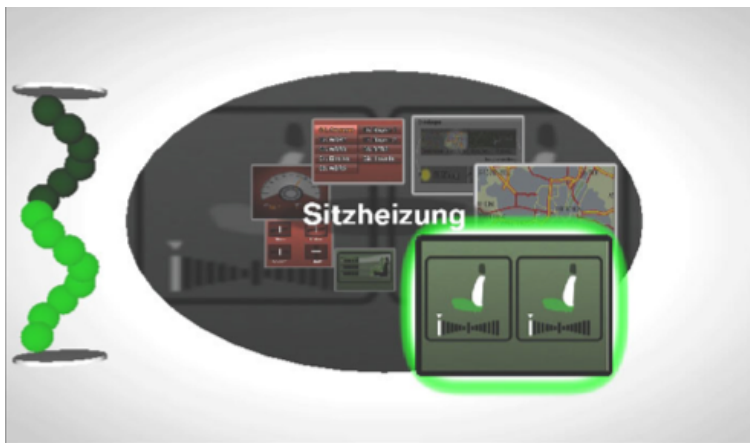


Abbildung 6.17: Bildschirmabzug der Spirale der Lesezeichen [160].

Das Fokuselement wird über mehrere Faktoren optisch hervorgehoben. Ein farbiger Lichtschein wird analog zur Glühbirne, siehe Abschnitt 6.2.3.3 über eine transparente Textur erzeugt. Des Weiteren wird der Menüname des fokussierten Lesezeichens über die Klasse Text3D im Zentrum der Spirale angezeigt. Ein halbtransparentes dunkles Oval hinter der Schrift gewährleistet einen Kontrast für eine optimale Lesbarkeit. Die Vorschau auf das Fokuselement durch einen graphischen Ausschnitt des zugehörigen Menüs wird in einem Lichtkegel mit Grauwerten mittels der Klasse TriangleFanArray realisiert. Bei einem Fokuswechsel wird mit einem Blureffekt ein weicher Übergang realisiert. Die Vorschau wird zunächst unscharf angezeigt und gewinnt allmählich an Schärfe und Kontur. Eine vorherige Rendering der Bilder gewährleistet eine stabile Bedienung mit geringen Performanzanforderungen.

Die Anzeige eines spiralförmigen Fortschrittsbalkens gibt Rückmeldung über den abgebildeten Ausschnitt aus der Spirale. In der Spirale werden die Auswahlelemente als Kugeln abgebildet. Die Kugeln der sichtbaren Lesezeichen werden in einem hellen Grün

dargestellt.

6.2.4.3. Bedienung der Lesezeichen

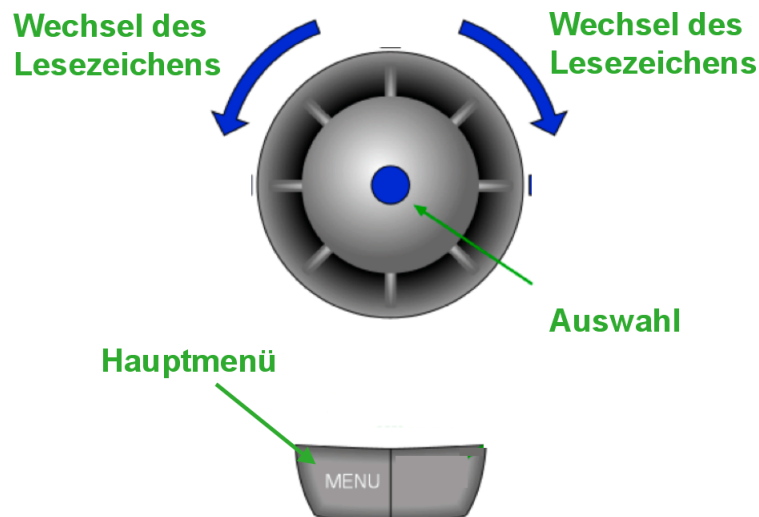


Abbildung 6.18: Abbildung der Interaktionsaktionen in der Lesezeichenspirale auf das Bedienelement iDrive.

Die Lesezeichen werden über das iDrive-Bedienelement bedient. In Abbildung 6.18 wird die Belegung des multifunktionalen Bedienelements angezeigt. Der Anwender muss von jedem Menüzustand in einem Interaktionsschritt in das Favoritenmenü springen können. Eine Realisierung kann die Erweiterung der Bedieneinheit um eine weitere Taste sein. Nachdem eine solche nicht zur Verfügung steht, wird das Favoritenmenü durch einen Langdruck des Bedienelements aktiviert.

Im Favoritenmenü werden die Lesezeichen durch Drehen des Bedienelements gewechselt. Mittels Drücken wird das fokussierte Lesezeichen ausgewählt und das perspektivische Menü in dem ausgewählten Zustand eingeblendet. Durch Drücken der Hauptmenütaste gelangt der Anwender wieder in das ursprüngliche Menü zurück, ohne ein Lesezeichen angewählt zu haben.

6.2.5. Einsatz in anderen Domänen

3D iFlip ist speziell auf die Anforderungen im Auto ausgerichtet. Das Konzept lässt sich aber leicht auf andere Domänen übertragen. Bei dem BMW-internen Projekt *Arbeitsplatz der Zukunft* wurde ein Informationskiosk für eine Kommissionierabteilung für das BMW Werk in Regensburg entwickelt.

Im Rahmen der Ideensammlung wurde den betreffenden Projektpartnern das 3D iFlip vorgeführt. Die übersichtliche Anordnung und der Spaß bei der Bedienung, der durch die

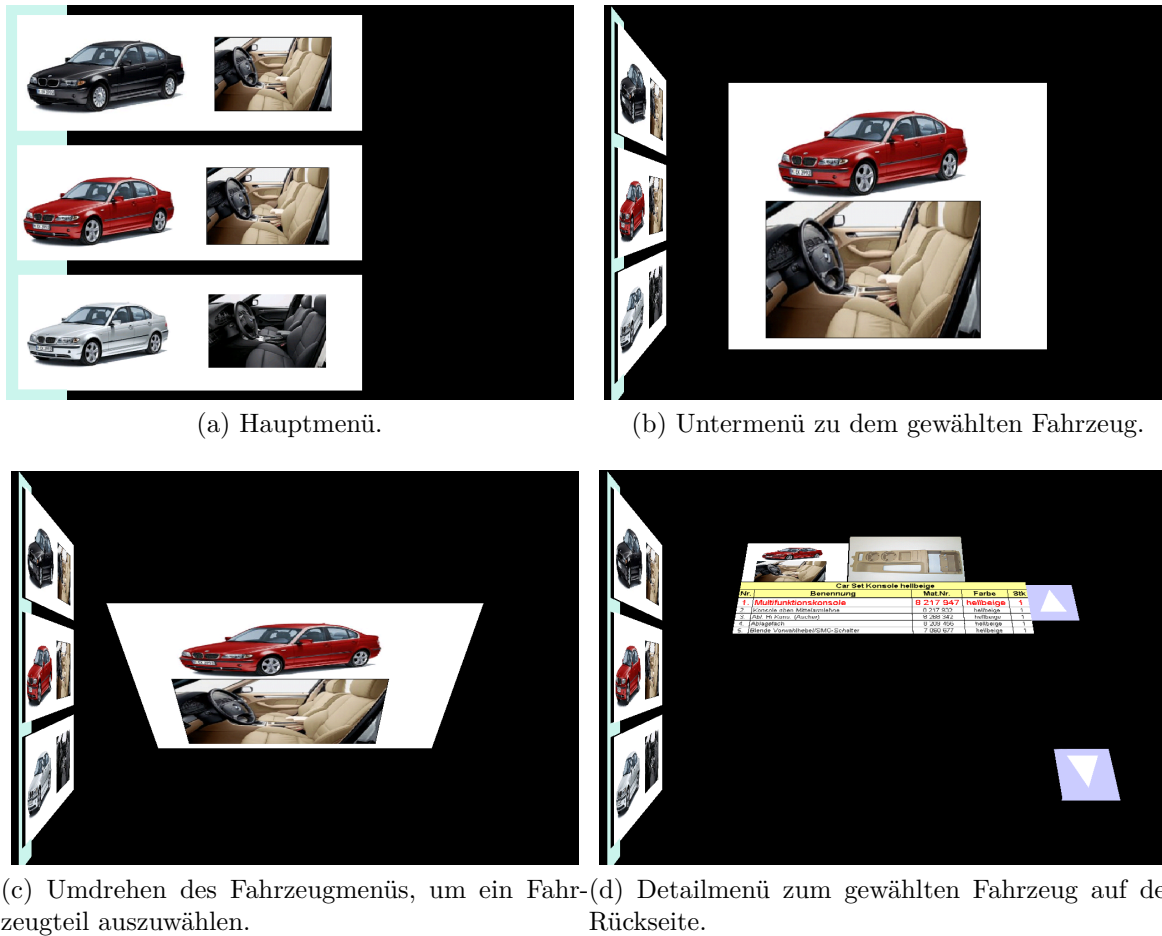


Abbildung 6.19: Prototypische Umsetzung des 3D iFlip Konzepts für einen Informationskiosk einer Kommissionierabteilung.

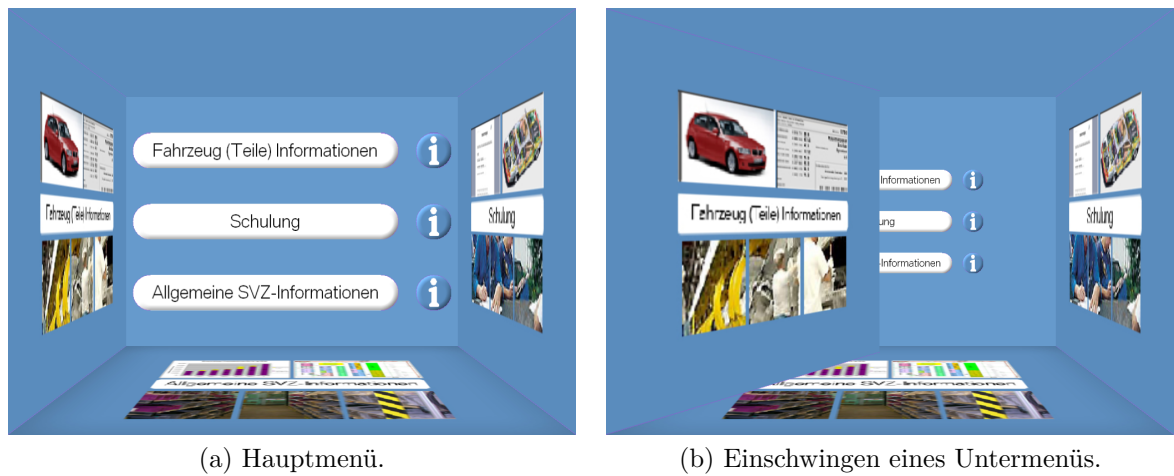


Abbildung 6.20: Zentraler Informationskiosk der Kommissionierabteilung des BMW Werks Regensburg.

Animationen und dreidimensionalen Effekte entsteht, wurde von den Projektpartnern und Endanwendern positiv aufgenommen. Es entstand ein prototypischer Demonstrator, siehe Abbildung 6.19, für eine Bewertung durch die Endanwender. Auf Basis des Benutzertest wurde eine Anwendung realisiert, die seit 2006 in der Kommissionierabteilung des BMW Werks in Regensburg eingesetzt wird und essentielle Bestandteile von 3D iFlip beinhaltet. Abbildung 6.20 zeigt einen Bildschirmabzug des Systems.

6.3. MusicMap

Im Folgenden wird die prototypische Umsetzung der kartographische Metapher Music-Map näher beschrieben. Die Realisierung der Strukturierung und Positionierung sowie die Elemente der Anzeige stehen im Fokus. Details zu der Implementierung können in [140] nachgelesen werden.

6.3.1. Verarbeitungspipeline

Ein Ablauf wie in Abbildung 6.21 ist typisch für die Visualisierung großer Datenmengen [147]. In diesem Fall ist die Visualisierungspipeline in drei Bereiche unterteilt: Filterung und Strukturierung der Rohdaten, Abbildung der Struktur auf eine zweidimensionale Fläche und die Integration in eine automobiler Umgebung.

Als Entwicklungssprache wurde Java gewählt. Es wird eine Plattformunabhängigkeit gewährt und außerdem stehen diverse Frameworks und Bibliotheken für graphische Anzeigen und *Zoomable User Interfaces* zur Verfügung. Das Framework Piccolo [99] erfüllt einen Großteil der Anforderungen und bietet Grundfunktionalitäten wie Zoomen und

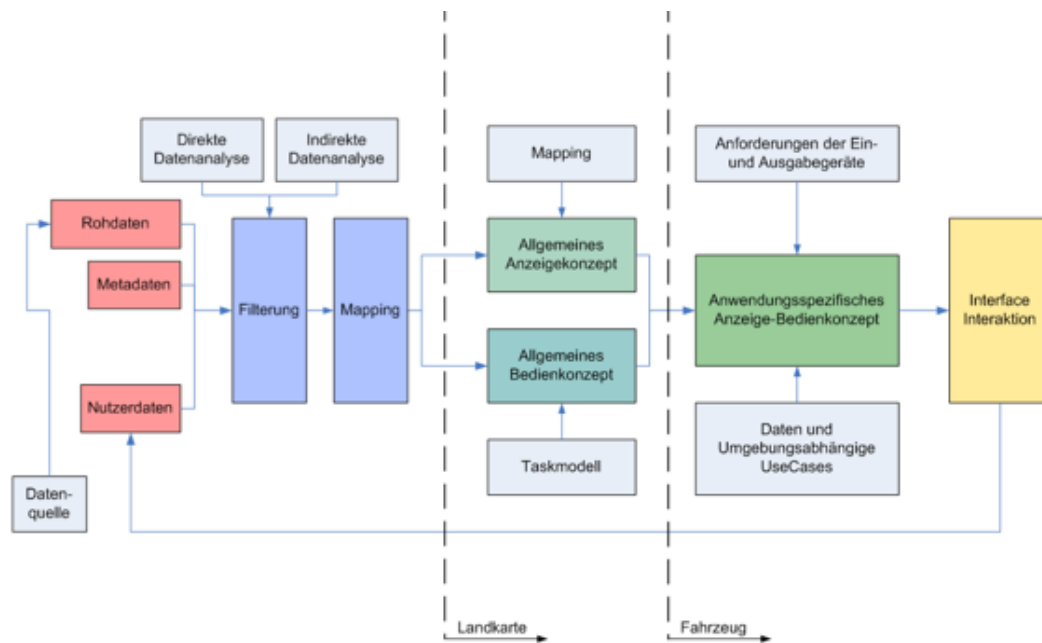


Abbildung 6.21: Verarbeitungsablauf anhand einer Visualisierungspipeline [140].

Schieben an. Die Konzepte Szenengraph und Kamera werden von dreidimensionalen Szenen auf zweidimensionale Objekte übertragen.

6.3.1.1. Strukturierung

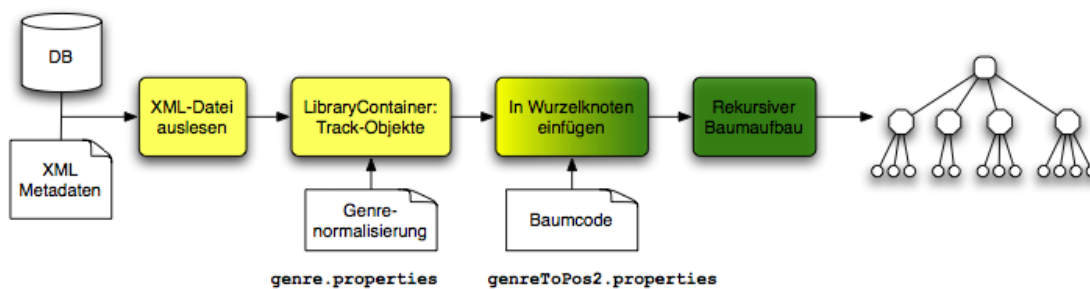


Abbildung 6.22: Strukturierung und Filterung der Rohdaten [140].

Die Datenbasis bildet eine XML-Datei, die aus einem Musikarchiv mithilfe von *Apple iTunes* generiert wird. Pro Datenobjekt werden in dieser Datei eine Reihe von Metadaten, beispielsweise *Interpret* oder *Abspielhäufigkeit* abgespeichert. Zur Erzeugung der MusicMap wird lediglich eine Untermenge dieser Parameter benötigt. Mithilfe eines

SAX-Parsers werden die Daten und Parameter der einzelnen Tracks in Java eingelesen und in Java-Objekte überführt. Eine Genrenormalisierung gleicht unterschiedliche Schreibweisen für ein Genre an. Anhand der Genres, Künstler und Alben wird mithilfe eines Baumcodes ein Baum erzeugt, der die Struktur der MusicMap bestimmt. Die Baumstruktur ist in Abschnitt 5.5.4 beschrieben. Gleichzeitig wird eine Statistik über die Anzahl der Titel pro Genre vorgenommen. Der Ablauf ist in Abbildung 6.22 dargestellt.

6.3.1.2. Positionierung

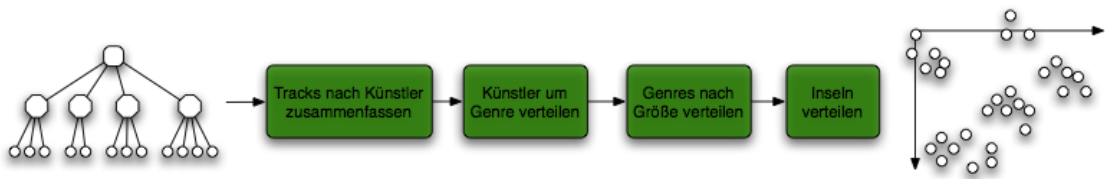


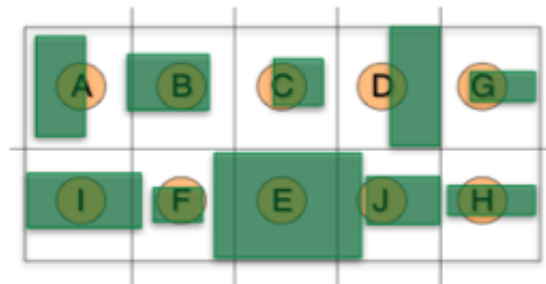
Abbildung 6.23: Rekursive Positionierung der Interpreten, Untergenres und Genreinseln [140].

Die Elemente des Baums werden auf der zweidimensionalen Fläche rekursiv positioniert, indem die Position des Elternknoten ähnlich zu einem Szenengraph auf die Kindknoten übertragen werden.

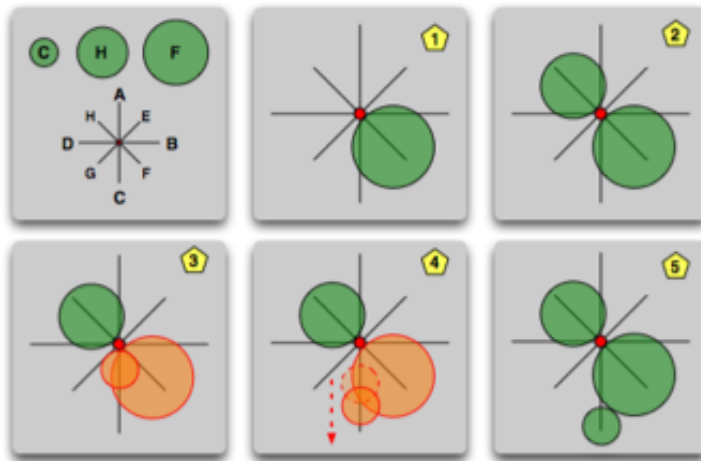
Die Interpreten werden in der Methode `distributeArtists radial` nach dem Alphabet um den Elternknoten platziert.

Die Verteilung der Genreobjekte erfolgt, gewichtet nach der Anzahl der enthaltenen Interpreten, in der Methode `distributeChildren`. Die Richtung ist durch den Baumcode vorgegeben, und die Entfernung vom Zentrum wird über die Anzahl der Interpreten bestimmt. Kollisionen werden aufgelöst indem ein Objekt, das eine Überschneidung verursacht, so weit vom Zentrum weg positioniert wird, bis die beiden Objekte disjunkt dargestellt werden können.

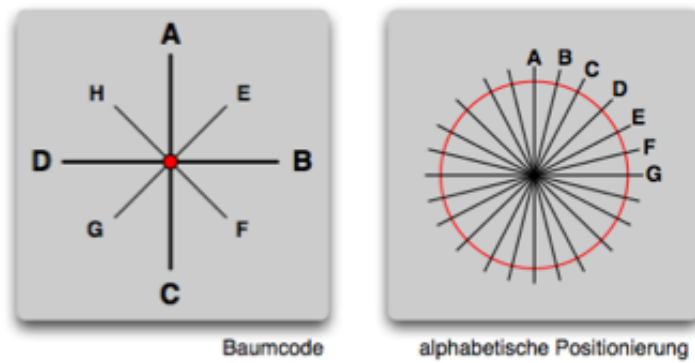
Letztlich werden die einzelnen Genreinseln auf der Karte, einem querformatigen Bezugssystem, abstandsoptimiert angeordnet. Zwei Zeiger ermöglichen den direkten Zugriff auf Künstler und Genres.



Positionierung der Genreinseln



Positionierung der Untergenres



Baumcode

alphabetische Positionierung

Positionierung der Interpreten

Abbildung 6.24: Strategien zur Positionierung der Interpreten, Untergenre und Genreinseln [140].

6.3.2. Graphische Benutzeroberfläche

Im vorigen Kapitel wurde durch eine Strukturierung und eine Positionierung der Elemente ein Datenmodell geschaffen. In diesem Schritt wird die Realisierung der Anzeige und der Bedienung beschrieben. Abbildung 6.25 zeigt einen Bildschirmabzug der MusicMap mit einem exemplarischen Musikarchiv.

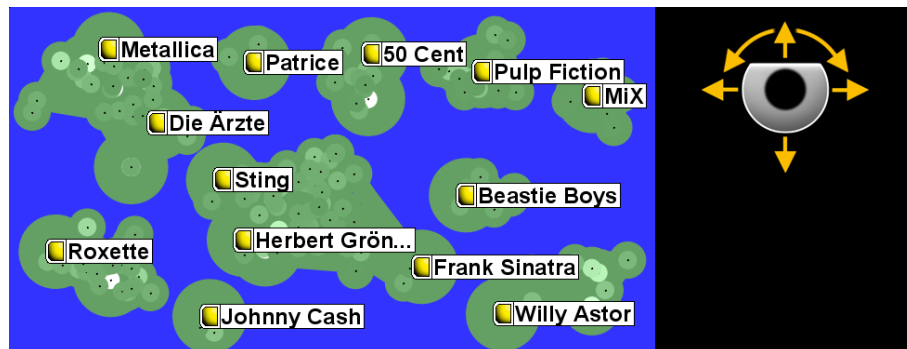


Abbildung 6.25: Ansicht der MusicMap.

Die Exploration der Karte und Auswahl des relevanten Ausschnitts wird durch die Mechanismen eines *Zoomable User Interface* verwirklicht. Es wird auf die Anzeige der einzelnen Inseln sowie deren Variationsmöglichkeiten zur Individualisierung durch das Angebot verschiedener Hintergründe eingegangen. Eine Integration der Bedienung der Funktionalität selbst, in diesem Fall ein Musikspieler, bildet den nächsten Schritt. Zusätzliche Mechanismen zur individuellen Einschränkung des Datenausschnitts werden über Filter angeboten. Letztendlich soll die Abbildung des Bedienelements auf die graphische Oberfläche erläutert werden.

Die Musiklandschaft besteht aus verschiedenen graphischen Elementen, die Parameter der Musikdaten an den Anwender kommunizieren. Nachdem das Konzept der MusicMap unterschiedliche Anforderungen an verschiedene graphische Bestandteile der Karte hat, bietet sich ein Schichtenmodell an, das in Graphikprogrammen wie beispielsweise *Adobe Photoshop* [4] eingesetzt wird.

Der Kartenbereich umfasst die Schichten *Map Layer*, *Filter Layer*, *Artist Layer* und *Playlist Layer*. Das Hilfsfenster mit den Funktionalitäten des Musikspielers befindet sich auf den Ebenen *Icon Layer*, *Playcontrol Layer* und *Assistance Layer*.

6.3.3. Zoomable User Interface

Die Funktionen zur Exploration der Musiklandschaft durch Zoomen und Verschieben werden durch das *Piccolo Framework* [99] bereitgestellt. Um eine konstante Größe der Beschriftungen über alle Zoomstufen zu gewährleisten, werden die Etiketten der Interpreten auf der Ebene *ArtistLayer* angeboten und beim Zoomen in der Größe nicht

verändert. Nachdem die Informationsdichte gleich bleiben soll, werden im gewählten Ausschnitt pro Zoomstufe neue Interpreten eingeblendet. Um Überlappungen adäquat anzuzeigen, werden die Interpreten der niedrigeren Ebene im Falle einer Kollision transparent angezeigt. Ein dynamisches Auseinanderbewegen der Beschriftungen wie in [33], sorgte in einer Expertenevaluierung für zu viel Ablenkung durch die Bewegung und sorgte für Inkonsistenzen im räumlichen Erinnerungsvermögen. Abbildung 6.26 zeigt Bildschirmabzüge eines Zoom-Vorgangs.

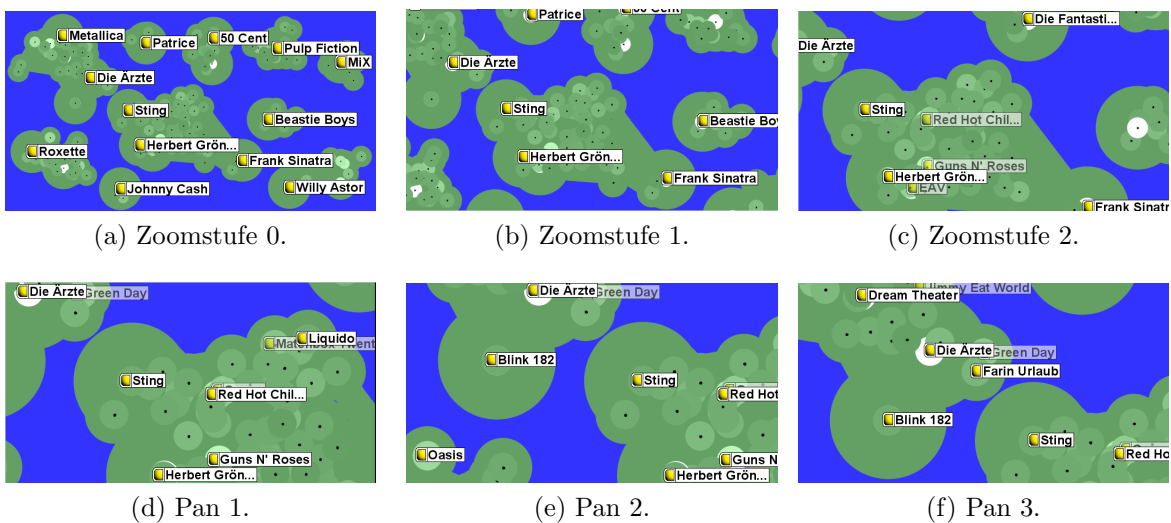


Abbildung 6.26: Bildschirmabzüge des Zoomen und Pannens in der MusicMap.

6.3.4. Hintergrund der Karte

Der Hintergrund der Karte lässt sich durch den *Map Layer* flexibel austauschen, siehe Abbildung 6.27, und zeigt graphische Repräsentanten, hier in Form von Kreisen, für die Interpreten an. Damit wird den Benutzern eine einfache Möglichkeit zur Personalisierung ihrer Anzeige gegeben.

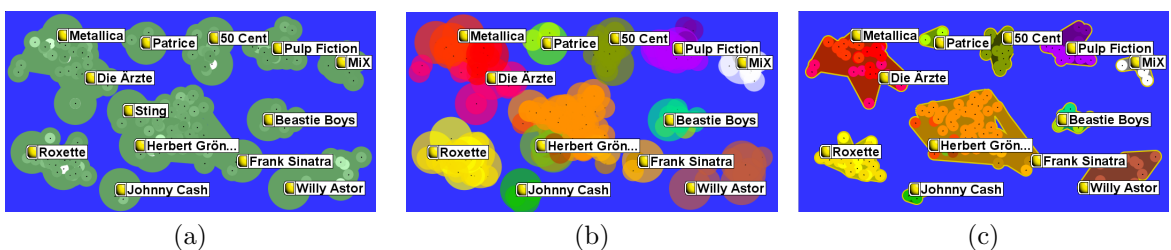


Abbildung 6.27: Exemplarische Bildschirmabzüge von Hintergründen der MusicMap.

6.3.5. Filterung der Datenmenge

Eine Einschränkung der Datenmenge durch einen Filter wird durch eine dunkle, halbtransparente Ebene über dem Hintergrund realisiert. Die gefilterten Datenobjekte werden wie in Abbildung 6.29 durch graphische Repräsentanten hervorgehoben.



Abbildung 6.28: Exemplarische Bildschirmabzüge von Filtern der MusicMap.

6.3.6. Playlisten als Routen

Letztlich wird auf dem *Playlist Layer* die graphische Repräsentation einer Playliste als Weg durch die Karte angezeigt.



Abbildung 6.29: Exemplarische Bildschirmabzüge von zufälligen Playlisten als Navigationsrouten der MusicMap.

6.3.7. Das Hilfsfenster

Die Anzeigen im Hilfsfenster gliedern sich in die Darstellung des Filterbildchens in *Icon Layer*, die Abbildung des Musikspielers in *Playcontrol Layer* und eine Listenrepräsentation der aktuellen Spielfolge in *Assistance Layer*.

Die Reihenfolge der Schichten spielt für den Bereich des Hilfsfensters im Gegensatz zum Kartenbereich keine Rolle.

6.3.8. Bedienung

Die Abbildung der Funktionsweise des Bedienelements auf die kartographische Darstellung soll im Folgenden beschrieben werden. Das Bedienelement wird in zwei verschiedenen Zuständen genutzt, zur Bedienung der Karte und des Musikspielers.

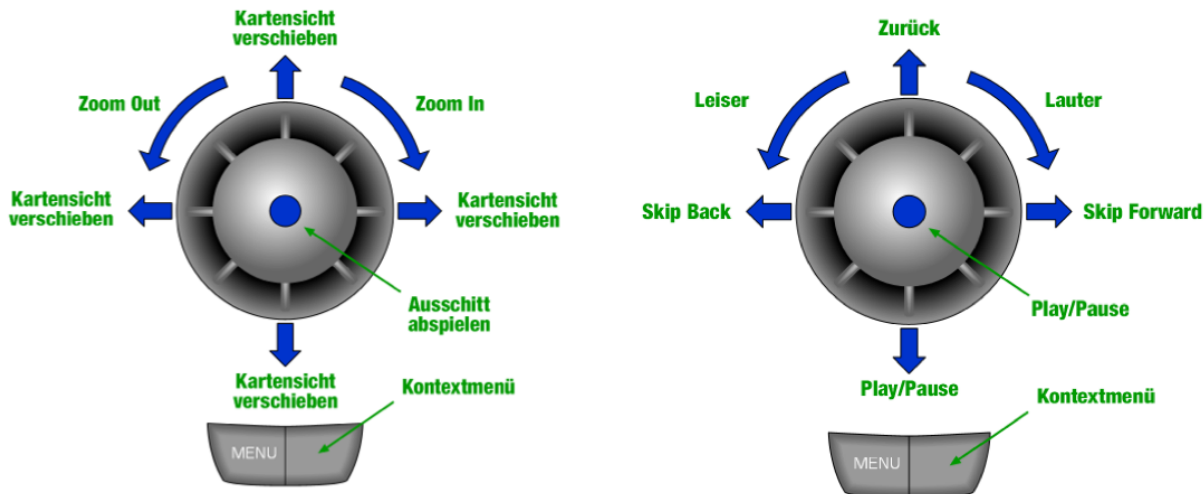


Abbildung 6.30: Abbildung der Interaktionsaktionen in der MusicMap auf das Bedienelement iDrive [140].

Abbildung 6.30a zeigt die Belegung des Bedienelements zur Manipulation der Karte. Zoomen wird auf Drehen und die Verschiebung des Ausschnitts auf Schieben in die jeweilige Richtung realisiert. Der Druck auf die Menütaste bringt den Anwender auf die höchste Ebene der MusicMap zurück. Die PTT-Taste ist wie bei dem 3D iFlip der Einstieg in ein Kontextmenü, um die Kartenansicht zu verändern oder einen Filter auszuwählen. In dieser Realisierung werden die Filter der Reihe nach ausgelöst. Durch Drücken wird eine zufällige Playliste über dem aktuellen Ausschnitt erzeugt, angezeigt und abgespielt. Der Anwender wechselt in den Musikspielmodus.

Im Musikspielmodus wird die Belegung eines *Apple iPod* [15] auf das iDrive Bedienelement abgebildet. Es wird erwartet, dass der Nutzer mit diesem Interaktionsmodell aus dem kommerziellen Produkt vertraut ist. Durch Druck auf die Taste Menü wechselt der Modus zurück auf die Karte.

6.4. Fazit

Die erarbeiteten Prototypen erlauben eine benutzerbasierte Evaluation der Konzepte. Nachdem das Umsetzen der Konzepte kein sequentieller sondern ein iterativer Prozess ist, werden die Prototypen anhand der Ergebnisse aus den Benutzerstudien und daraus entstehenden Fragestellungen fortlaufend verfeinert und erweitert.

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

Benutzerstudien zeigen das Potenzial hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität ohne eine ablenkende Wirkung graphischer Interaktionsmetaphern.

Die in Abschnitt 5 entwickelten Konzepte sollen auf ihre allgemeine Gebrauchstauglichkeit, ihre Attraktivität und ihre Verträglichkeit mit der Fahraufgabe anhand von Benutzertests überprüft werden. Fraglich ist, ob bestimmte Aspekte wie Dreidimensionalität oder Animationen für FIS aufgrund derer besonderen Situation überhaupt geeignet sind und wenn ja, in welchem Maße und in welcher Ausprägung. Die im Folgenden beschriebenen Experimente gewinnen Erkenntnisse über die Brauchbarkeit von dreidimensionalen, metaphernbasierten Anzeige Konzepten im automobilen Umfeld und geben Empfehlungen für deren Einsatz.

Animationen, Animationsdauern und -pfade werden im folgenden Kapitel 8 evaluiert. Im vorliegenden Kapitel werden speziell alternative Informationsdarstellungen zu konventionellen Menüs untersucht. Dazu werden beispielsweise verschiedene dreidimensionale Präsentationsformen gegen textbasierte Listenanzeigen getestet. Im ersten Versuch wird die dreidimensionale Anzeige des 3D iFlip Konzepts mit der herkömmlichen Listenstruktur eines FIS in einem LCT, siehe Abschnitt 2.5.1.2, verglichen. Eine andere Frage zur Interaktion mit dreidimensionalen Interaktionskonzepten in FIS ist die Wahl eines geeigneten Bedienelements. Die beiden Eingabemodalitäten Berührung versus multifunktionales Bedienelement zur Manipulation von dreidimensionalen Interaktionskonzepten werden zur Beantwortung dieser Frage vergleichend evaluiert.

Auf Basis der beiden vorangegangenen Benutzerstudien, die ein adäquates Bedienelement bestimmen und alternative Darstellungen zu listenbasierten Hierarchien abprüfen, werden weitere Benutzerstudien durchgeführt. Der Mehrwert der Benutzerführung durch Licht und Schatten wird untersucht. Die spiralförmige Anzeige einer kurzen Liste wie den Lesezeichen wird außerdem mit einer herkömmlichen, textbasierten Listendarstellung verglichen. Im Anschluss wird ein Vergleich der Bedienung eines großen Musikarchivs durch die MusicMap und den iPod mithilfe der Okklusionsmethode durchgeführt.

In Abschnitt 2.5.1 wurde ein Überblick über Ablauf und Methoden zur Absicherung

von FIS sowie den statistischen Methoden zur Auswertung und der Ergebnisdarstellung gegeben, nach denen die folgenden Experimente durchgeführt, ausgewertet und repräsentiert werden.

7.1. Metaphernbasiertes 3D oder listenbasiertes 2D Interaktionskonzept

Um das repräsentative Modell eines interaktiven Systems mit Hilfe von bekannten Gegebenheiten aus dem Alltag dem konzeptuellen Modell des Nutzers anzunähern sowie die kognitiven Fähigkeiten des Menschen optimal auszunutzen, wurde das dreidimensionale Konzept 3D iFlip entworfen. Es wird im Folgenden mit einer herkömmlichen zweidimensionalen Darstellung am Beispiel des BMW iDrive aus der 5er Baureihe von 2003 verglichen. Eine detaillierte Beschreibung des durchgeführten Versuchs ist in [25, 95] beschrieben. Die Ergebnisse der Studie wurden auf der *Advanced Visual Interfaces Conference 2006* [45] vorgestellt.

7.1.1. Hypothesen

Die nachfolgenden Hypothesen sollen die Vorhersage von Unterschieden in dem Vergleich der beiden Darstellungsformen ermöglichen. Es soll überprüft werden, ob die in der Konzeption aufgestellten Annahmen eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit und der Attraktivität zur Folge haben.

Die Animationen und die Ausnutzung kognitiver Fähigkeiten wie räumliches Erinnerungsvermögen und Bilderkennung unterstützen den Benutzer bei 3D iFlip in der Bildung seines mentalen Modells. Die Interaktion mit bildhaften Darstellungen muss ebenfalls erlernt werden, aber durch die Anlehnung an bekannte Gegebenheiten wird die Lernphase verkürzt. Die vertikal in den Raum rotierten Submenüs geben dem Benutzer über Form- und Farbgebung Aufschluss über den aktuellen Zustand und damit eine Orientierungshilfe die gewünschte Funktionalität zu finden.

- **Hypothese 3D_Eff:** Der Benutzer kann die dreidimensionale Darstellung schneller bedienen als die zweidimensionale Listendarstellung.
- **Hypothese 3D_Ler:** Der Umgang mit einem bildhaften, dreidimensionalen Interaktionskonzept ist leichter zu erlernen als eine textbasierte Listendarstellung.
- **Hypothese 3D_Abl:** Eine dreidimensionale Darstellung erhöht den Grad der Ablenkung von der Fahraufgabe nicht.
- **Hypothese 3D_Att:** Die Attraktivität des dreidimensionalen FIS wird gegenüber der zweidimensionalen Listendarstellung gesteigert.

Zusammenfassend wird angenommen, dass sich das Konzept mit der dreidimensionalen Darstellung für erschwerte Bediensituationen, wie der Bedienung eines FIS, während der Fahrt gerade für Beginner und Benutzer ohne technische Erfahrungen besser als eine zweidimensionale Listendarstellung eignet.

7.1.2. Aufgaben

Im Allgemeinen werden an die instruierten Aufgaben verschiedene Anforderungen gestellt. Durch die Versuchsaufgaben sollen die aufgeführten Hypothesen überprüft werden. Die Versuchsaufgaben müssen genau auf die entsprechenden Annahmen ausgelegt sein. In diesem Fall müssen die Aufgaben mit beiden Systemen durchführbar sein. Das bedeutet, dass mindestens zwei direkt miteinander vergleichbare Systemvarianten vorhanden sein müssen. Zusätzlich sollen die Versuchspersonen die Aufgaben als realistisch empfinden sowie mit den zur Verfügung stehenden Mitteln durchführen können.

Dazu werden sieben Versuchsaufgaben, die in zwei Aufgabenkategorien unterteilt sind, konzipiert. Jede Aufgabe ist abgeschlossen, wenn der Benutzer durch einen Wechsel zur Hauptmenüansicht den ursprünglichen Zustand herstellt. Zusätzlich wird die Reihenfolge der Versuchsaufgaben permutiert, um Lerneffekte auszuschließen.

7.1.2.1. Aufgabenkategorie Optionen

Die Versuchspersonen sollen die Klangeinstellungen verändern. Das konzeptuelle Modell, auf welche Art und Weise dem Anwender Einstellungen zu einer Funktion präsentiert werden sollen, wird hierbei überprüft. In der konventionellen Listenstruktur werden die Einstellungen zu einer Funktion in einer weiteren Liste angeboten. Die dreidimensionale Darstellung hingegen hält einen nur für Einstellungen reservierten Bereich nämlich die Rückseite der entsprechenden Menütafel von der Funktion bereit.

Von diesem Aufgabentyp wurden die folgenden vier Aufgabenvariationen gestellt:

1. Stellen Sie die Bässe zwei Stufen höher und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
2. Stellen Sie die Höhen drei Stufen tiefer und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
3. Verlagern Sie die Balance um eine Stufe zum Beifahrer und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
4. Stellen Sie den Fader zwei Stufen nach hinten und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.

Als dreidimensionales System diente die prototypische Umsetzung der ersten Version des 3D iFlip aus Abschnitt 6.2.1. Alle anzusteuernenden Funktionen der vier Aufgabenvariationen befinden sich an der gleichen Stelle im Menü. Daher entspricht sich der Weg zu diesem Menü in allen vier Aufgabenvariationen und ist exemplarisch für das Erhöhen der

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

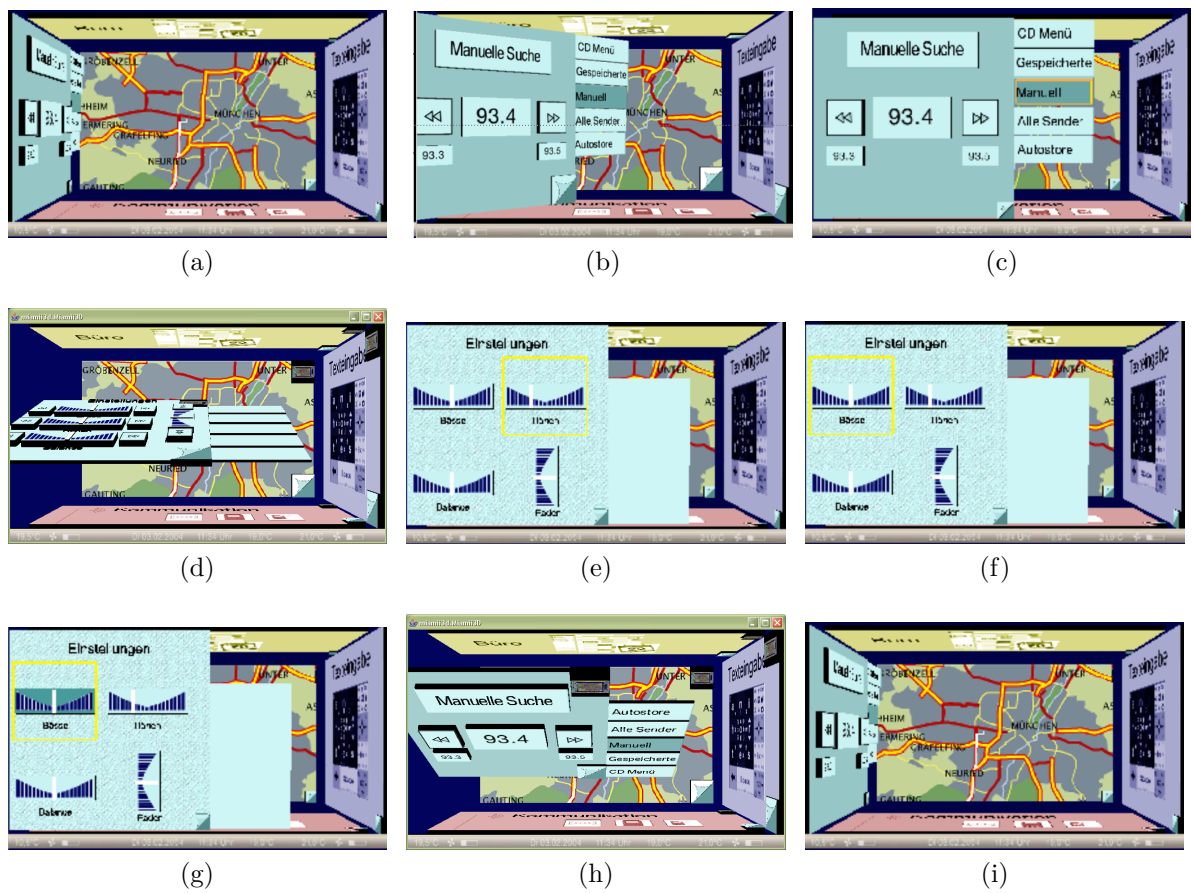


Abbildung 7.1: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Optionen in dem dreidimensionalen System 3D iFlip.

7.1. Metaphernbasiertes 3D oder listenbasiertes 2D Interaktionskonzept

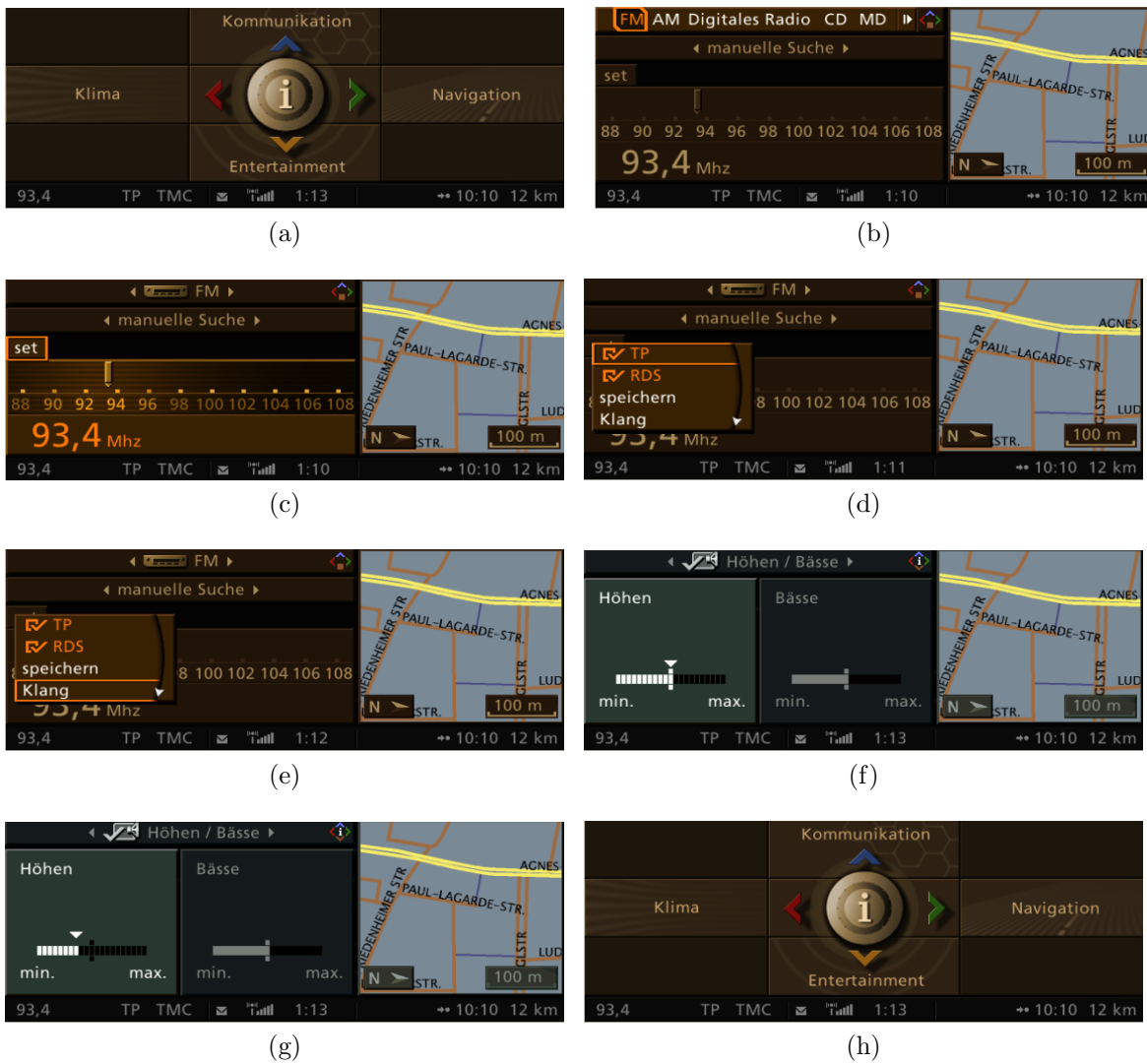


Abbildung 7.2: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Optionen in dem listenbasierten System iDrive.

Bässe um zwei Stufen in Abbildung 7.1 aufgezeichnet. Zuerst muss die Audiotafel, in diesem Fall die linke Tafel, durch Schieben des Controllers nach links angewählt und in die Mitte der Interaktionsebene geklappt werden. Um zum Einstellungsmenü zu gelangen, muss die Radiomenütafel durch Drücken der Optionsstaste auf die Rückseite gedreht werden. Jetzt kann die verlangte Einstellung durch Drücken und Drehen vorgenommen werden. Durch Betätigen des Menüknopfs wechselt der Anwender wieder zurück in die Hauptmenüansicht.

Bei dem herkömmlichen, listenbasierten System iDrive befinden sich alle durch die Aufgabenvariationen anzusteuern Klangeinstellungen ebenfalls an der gleichen Stelle in der Menüstruktur. Der Ablauf in der Aufgabenkategorie wird exemplarisch an der ersten Aufgabe, bei der die Bässe um zwei Stufen erhöht werden sollen, in Abbildung 7.2 veranschaulicht. Das Audiomenu befindet sich unten und wird durch Schieben nach unten angesteuert. Der Anwender muss im Audiomenu selbst zweimal nach unten Schieben, um auf den Menüpunkt *Set* des manuellen Radiomenüs zu gelangen. Durch Drücken des Bedienelements erscheint ein zusätzliches Listenmenü, das als drittes Listenelement einen Zugang zu dem Menü mit den Klangeinstellungen anbietet. Diese können ähnlich zu 3D iFlip durch Drehen und Drücken des Bedienelements manipuliert werden. Durch Drücken der Hauptmenütaste wird der ursprüngliche Zustand des Hauptmenüs wieder hergestellt.

7.1.2.2. Aufgabenkategorie Quersprung

In dieser Aufgabenkategorie wird zuerst ein Untermenü angewählt, um eine Funktion auszulösen und anschließend in einem anderen Untermenü Einstellungen zu einer Funktion vorgenommen. Der Nutzer muss zwei unterschiedliche Stellen im Menü ansteuern und benötigt dafür ein ausgeprägtes mentales Modell über das Interaktionskonzept. In dem herkömmlichen, zweidimensionalen Konzept navigiert sich der Nutzer durch gleichartige Listen. Das dreidimensionale System 3D iFlip bietet dem Nutzer eine räumliche Anordnung, die sich zusätzlich auf die Arbeitsweise des räumlichen Erinnerungsvermögens stützt. Von diesem Aufgabentyp werden die folgenden drei Aufgabenvariationen gestellt, die sich jeweils auf die Untermenüs *Radio* und *Navigation* beziehen.

1. Wählen Sie zunächst den Sender „Radio Gong 96,3“ aus der Liste der gespeicherten Sender. Verändern Sie dann die Ausrichtung der Navigationskarte auf „fahrtweisend“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
2. Verändern Sie zunächst die Navigationskarte auf „Perspektive“. Wählen Sie dann den Sender „SDR 3“ aus der Liste „Autostore“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
3. Stellen Sie zunächst die Frequenz „94,3“ manuell ein. Stellen Sie anschließend die Sprachhinweise zur Navigation aus und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.

Der Ablauf zur Lösung der zweiten Aufgabenvariation bei dem dreidimensionalen Konzept 3D iFlip ist in Abbildung 7.3 veranschaulicht. Einstellungen zum Navigationssystem werden auf der Rückseite der zentralen Tafel *Navigation* angeboten, die durch Betätigen der Optionstaste angesteuert wird. Durch Drehen und Drücken wird die gewünschte Einstellung vorgenommen und durch eine Betätigung der Hauptmenütaste gelangt der Anwender zurück in das Hauptmenü. Danach muss die linke Menütafel mit den Radiofunktionen durch Schieben des Bedienelements nach links in den Vordergrund rotiert werden. Das entsprechende Untermenü, in diesem Fall *Autostore*, muss durch Drehen und Drücken des Controllers ausgewählt werden. Die geforderte Änderung des Radiosenders auf *SDR 3* erfolgt analog durch Drehen und Drücken.

Die Lösung in der konventionellen Textdarstellung ist in Abbildung 7.4 dargestellt. Durch Schieben des zentralen Bedienelements nach rechts gelangt der Anwender in das Navigationsmenü. Innerhalb dieses Menüs kann durch Schieben nach unten das Menü zu den Kartenansichten angesteuert werden. Mithilfe von Drehen und Drücken wird der Menüpunkt *Perspektive* ausgewählt. Die Betätigung der Hauptmenütaste stellt die Hauptmenüansicht wieder her und ist die Ausgangsposition für den zweiten Teil der Aufgabe. Ähnlich zu der Aufgabenkategorie Optionen wird durch Schieben nach unten das Radiomenü angesteuert. Durch eine weitere Schiebeaktion und anschließendem Drehen und Drücken gelangt der Anwender in das Untermenü *Autostore*. Die Auswahl des in der Versuchsaufgabe verlangten Radiosenders erfolgt analog durch Drehen und Drücken. Ein Drücken der Hauptmenütaste stellt den Zustand Hauptmenü wieder her.

7.1.3. Versuchsdurchführung

7.1.3.1. Versuchsaufbau

Die Untersuchung findet im *Usability Lab* des *Lehrstuhls für Ergonomie* an der TU München statt. Als Basis der Hardwarekomponenten dient ein Aufbau mit einem verstellbaren Autositz. Weitere Bestandteile sind eine Mittelarmlehne, ein Monitor und ein Rechner, mit dem ein Lenkrad sowie Gaspedal und Bremse verbunden sind, siehe Abbildung 7.5a. Auf dem Monitor wird die Fahraufgabe des LCT angezeigt. Das FIS wurde auf einem zweiten Bildschirm dargestellt und über einen iDrive Controller bedient, der in der Mittelkonsole platziert ist, siehe Abbildung 7.5b. Diverse Untersuchungen der Forschungsgruppe des Lehrstuhls für Ergonomie nutzen den Aufbau. Es werden beispielsweise Fragen zu neuartigen Bedienkonzepten für FIS oder zur Übertragbarkeit des LCT auf Versuche mit Realfahrzeugen [101] untersucht.

Die Versuchspersonen führen als primäre Aufgabe einen LCT durch und müssen gleichzeitig Aufgaben mit einem der beiden FIS-Konzepte lösen. Als dreidimensionales System wurde 3D iFlip aus Abschnitt 6.2.1 verwendet und als Referenzsystem diente das Bedienkonzept eines 5er BMWs, Baujahr 2003 [37]. Beide Konzepte werden mit dem gleichen Bedienelement bedient, dem iDrive-Controller, der sich drehen, drücken und in die vier Himmelsrichtungen verschieben lässt, siehe Abschnitt 6.1.2.1.

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

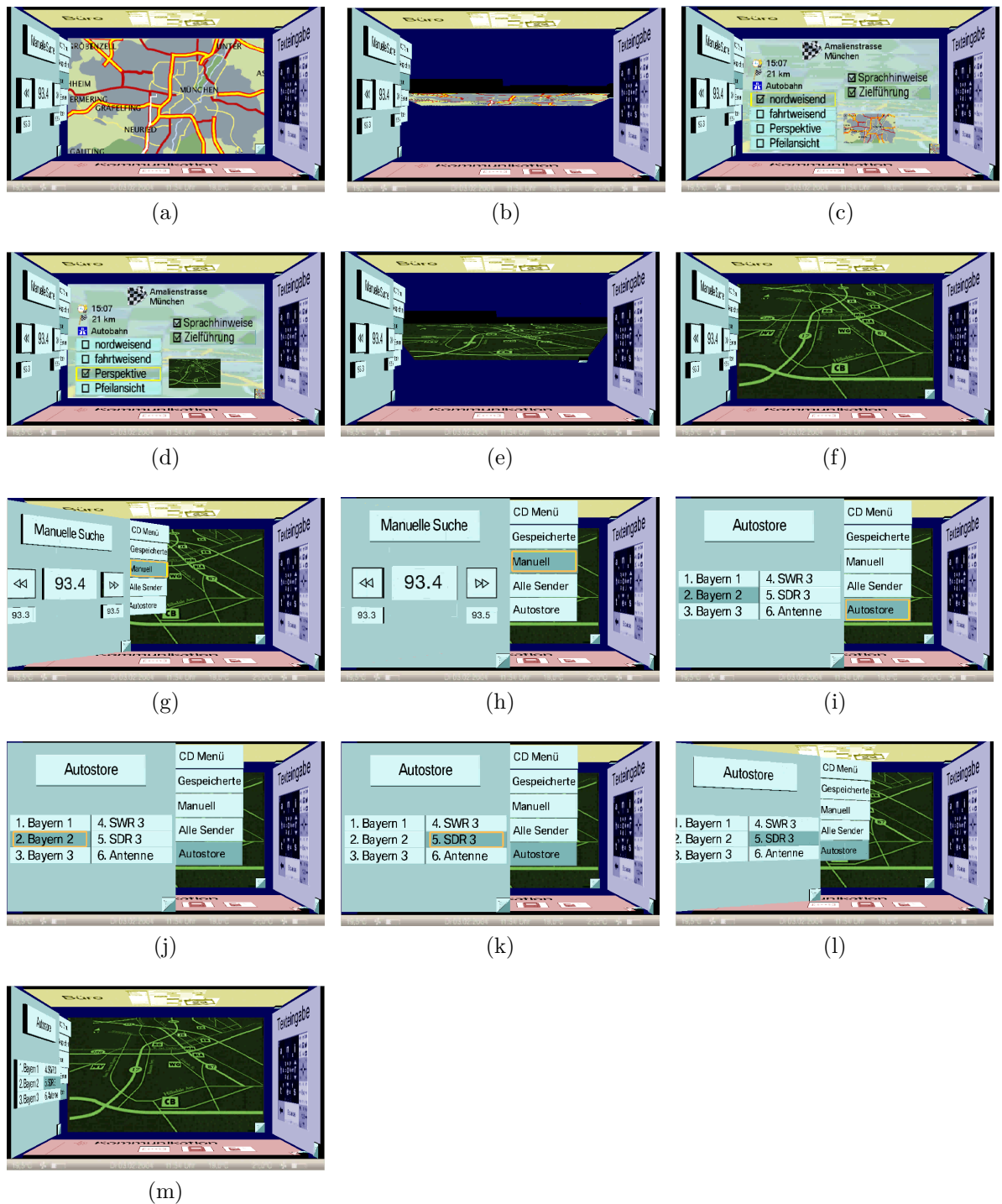


Abbildung 7.3: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Quersprung zur 2. Aufgabenausprägung in dem dreidimensionalen System 3D iFlip.

7.1. Metaphernbasiertes 3D oder listenbasiertes 2D Interaktionskonzept

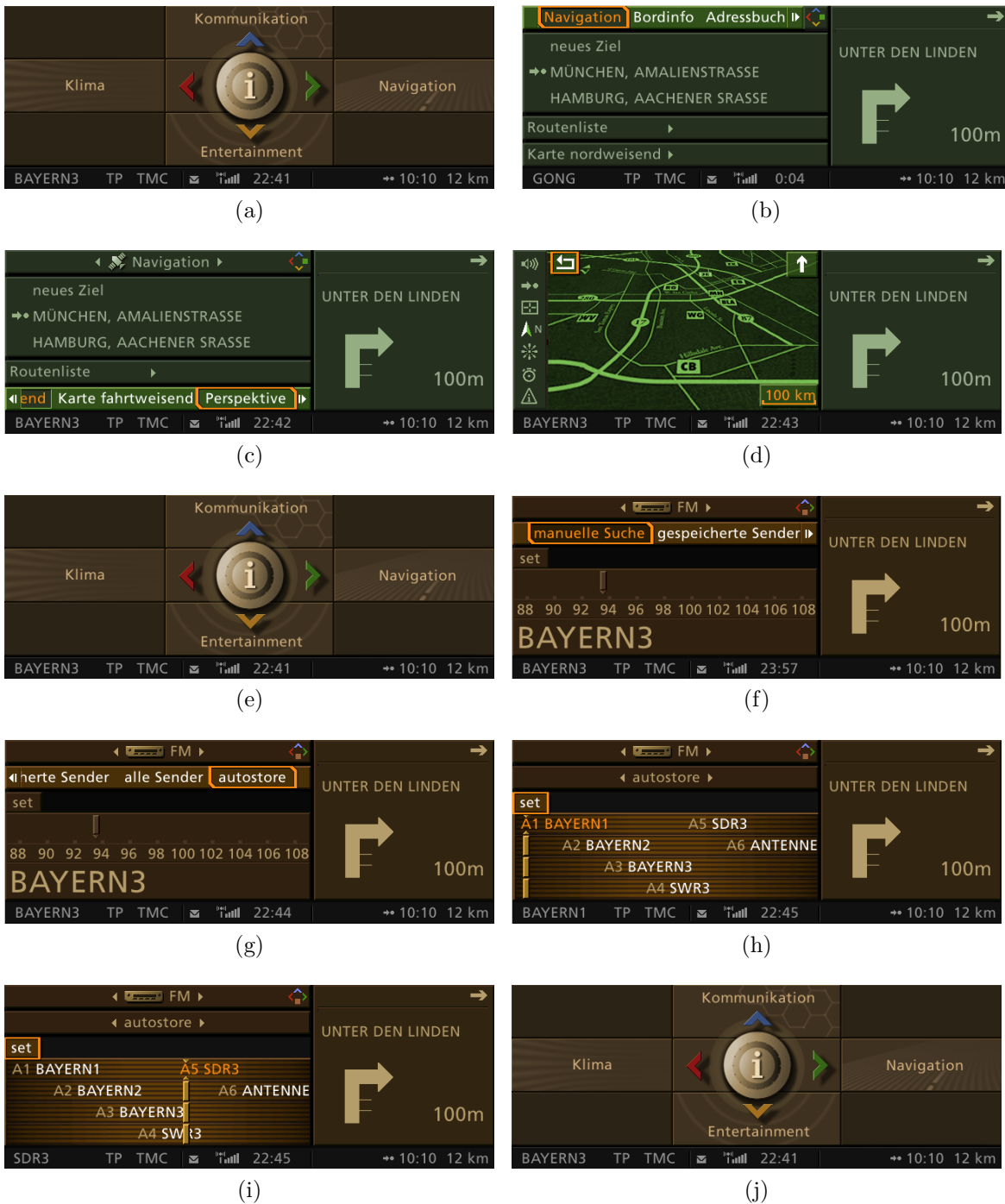
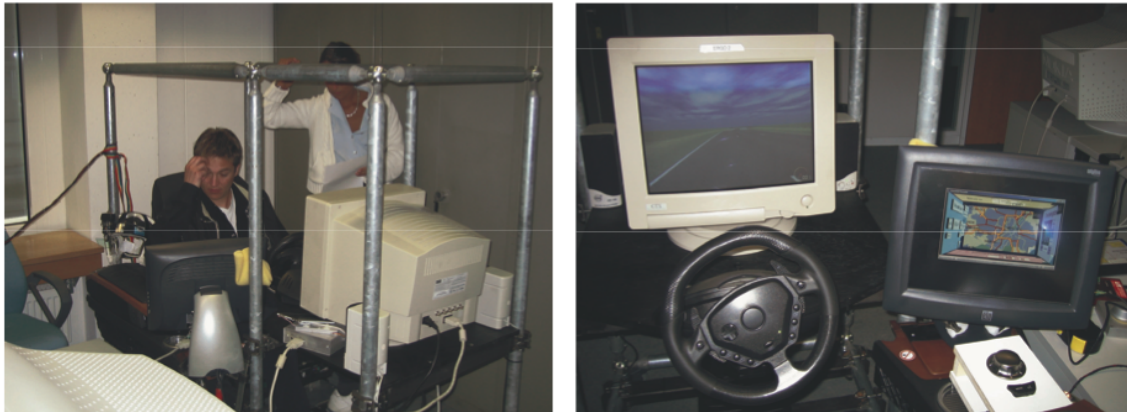


Abbildung 7.4: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Quersprung zur 2. Aufgabenausprägung in dem listenbasierten System iDrive.



(a) Sitzkiste mit Versuchsperson.

(b) Fahraufgabe und Nebenaufgabe.

Abbildung 7.5: Versuchsaufbau am Lehrstuhl für Ergonomie, TU München.

Mithilfe des DIKABLIS Blickerfassungssystems [100] wurde das Blickverhalten der Versuchsperson aufgezeichnet.

7.1.3.2. Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 15 Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 63 und einem Altersdurchschnitt von 45,6 teil, davon 3 Frauen.

Die Stichprobe ist stark gemischt, um eine heterogene Gruppe hinsichtlich Demographie, Bildung und Erfahrung mit technischen Geräten zu erzeugen. Es handelt sich um einen gleichmäßigen Querschnitt von Autofahrern. Details zum Versuchspersonenkollektiv können [25, 95] entnommen werden.

7.1.3.3. Ablauf

Der Versuchsablauf entspricht den Vorgaben des LCT [61] und ist in Abbildung 7.6 schematisch dargestellt.

Die Versuchsperson wird begrüßt und füllt einen demographischen Fragebogen aus. Nachdem der Proband auf dem Sitz Platz genommen hat, wird er durch eine Trainingsfahrt mit dem LCT an die Fahrsimulation herangeführt und gewöhnt. Sobald sich die Versuchsperson im Umgang mit dem LCT sicher fühlt, wird das erste FIS mithilfe von Trainingsaufgaben erklärt. Die Versuchsperson absolviert die Trainingsaufgaben zur Eingewöhnung ohne die zeitgleiche Ausführung des LCT. Fühlt sich der Teilnehmer mit der Aufgabe des LCT und der Bedienung des FIS vertraut, beginnt der eigentliche Versuch. Es werden ihm neue Aufgaben gestellt, die er mit dem FIS während des Fahrens des LCT ausführt. Der Versuchsleiter liest dem Probanden die Aufgabe vor und dieser beginnt mit der Bedienung des FIS sobald die „Startmarkierung“ überquert wird. Dabei wird pro Instruktion eine Fahrt mit dem LCT durchgeführt, die nach Beendigung

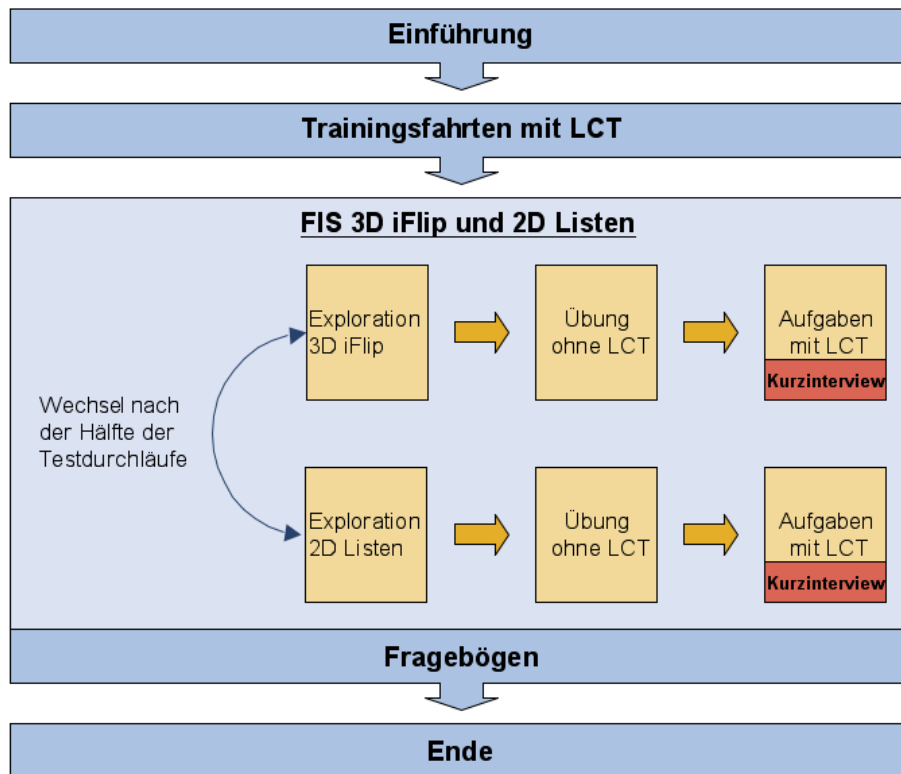


Abbildung 7.6: Versuchsablauf zum Vergleich von bildhaften 3D Interaktionskonzepten zu textbasierten 2D Interaktionskonzepten mittels des LCT.

der FIS-Aufgabe abgebrochen wird. Nach jeder Aufgabe werden vier Fragen gestellt, die die Versuchsperson auf einer sechsstufigen Likertskala beantwortet, um den subjektiven Eindruck der Aufgabe festzuhalten:

1. Ich konnte die Aufgabe einfach lösen.
2. Ich konnte die Straße gut im Auge behalten.
3. Ich konnte mich gut auf das Fahren konzentrieren.
4. Ich konnte die Spur gut halten

Im Anschluss wird die gesamte Prozedur, der Übungsaufgaben sowie ein gleichzeitiges Ausführen von der Bedienung des FIS und des LCT mit dem zweiten System wiederholt.

Unter den Versuchspersonen wird sowohl die Aufgaben- als auch die Reihenfolge der FIS systematisch variiert, um Reihenfolgeeffekte auszuschließen. Abschließend werden die subjektiven Präferenzen in einem Fragebogen festgehalten, der zusätzlich mit dem AttrakDiff die Attraktivität beider Systeme bewertet. Alle verwendeten Fragebögen finden sich im Anhang.

7.1.4. Ergebnisse

Durch die angewandten Methoden werden Kenngrößen ermittelt, die eine Bewertung der Systeme zulassen. Die Kenngrößen liefern in diesem Fall Aufschluss über die Ablenkung von der Fahraufgabe, den Grad der Gebrauchstauglichkeit und der Attraktivität. Die Bearbeitungsdauer einer Aufgabe und die Anzahl der benötigten Blicke lässt eine Bewertung der Effizienz zu. Der Grad der Ablenkung wird durch die mittleren, maximalen und kumulierten Blickdauern auf das Display sowie Spurabweichungen gewonnen. Im Weiteren sind die Kenngrößen der Blickmessungen immer auf das Display bezogen. Die Kenngrößen Spur und Bearbeitungsdauer werden dem LCT entnommen.

Die objektiven Kenngrößen werden durch subjektive Datenerhebungen über subjektive Soforteindrücke, Attraktivität und Präferenzen ergänzt.

7.1.4.1. Vorgehensweise bei der Auswertung

In dem vorliegenden Versuch sind die Unterschiede zwischen den Systemvarianten von Interesse. Um die Ergebnisdarstellung übersichtlich zu halten, werden die Ergebnisse der Versuchsaufgaben zu den beiden Aufgabenkategorien pro System zusammengefasst. Es variieren die beiden Faktoren System und Versuchsaufgabenvariation. Jede Versuchsperson absolvierte jede Aufgabe mit beiden Systemen. Die Unterschiede zwischen den Aufgaben und Systemen werden demnach durch eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ermittelt. Nachdem ein Unterschied zwischen den Aufgabenkategorien in dieser Arbeit nicht von Interesse ist, werden lediglich die Ergebnisse zur Signifikanz der Systemdiskrepanzen vorgestellt.

Die Alternativhypothese wird bei einem α -Fehler kleiner als 5% als signifikant angenommen, die Nullhypothese bei einem α -Fehler größer als 25%.

7.1.4.2. Objektive Ergebnisse

Gemäß der formulierten Hypothesen werden sich die kürzeren Lernphasen und die effizientere Reorientierung in 3D iFlip vermutlich in den Bedienzeiten, der Anzahl der Blicke und der kumulierten Blickdauern durch signifikante Differenzen zum Nachteil des listenbasierten Systems zeigen. Es ist weiter zu anzunehmen, dass die Spurabweichungen sowie die maximale und die mittlere Blickdauer keine signifikanten Unterschiede zwischen den Darstellungsformen aufweisen werden. Die dreidimensionale Darstellung wird keine stärkere Ablenkungswirkung von der Fahraufgabe erfordern als ein listenbasiertes, zweidimensionales System.

Effizienz Die gemessenen Bediendauern zur Aufgabenerfüllung mit beiden Systemen sind in Abbildung 7.7 graphisch aufgezeichnet. Die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten in Tabelle 7.1 zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Systemen in beiden Aufgabentypen hinsichtlich der Bediendauern mit einem starken bzw. mittleren

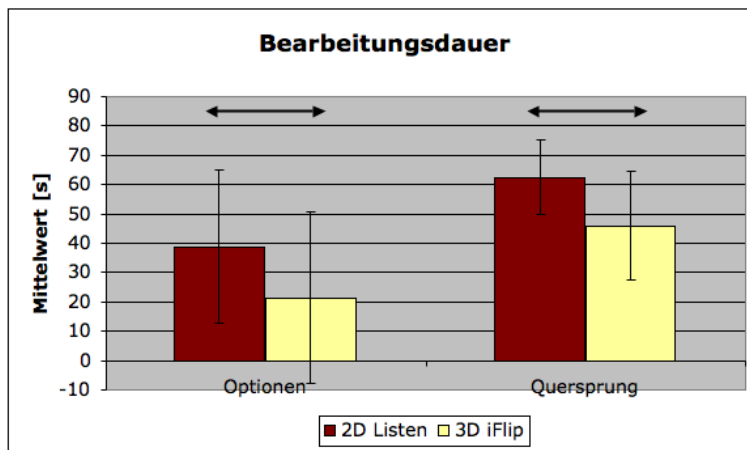


Abbildung 7.7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

Bediendauern				
	Optionen		Quersprung	
Variante	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	$< 0,001$		$0,002$	
$F_{(3,14), F_{(2,14)}}$	20,993		10,395	
partielles η^2	0,15		0,11	
Mittelwert [s]	38,70	21,27	62,43	45,89
Stabw. [s]	26,11	12,78	29,25	18,95

Tabelle 7.1: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

Effekt. Die dreidimensionale Repräsentation schneidet mit kürzeren Bearbeitungsdauern deutlich besser ab als die konventionelle Darstellung.

Die Verbesserung der Bediendauern des 3D Systems gegenüber dem 2D System bestätigt die Erwartungen bezüglich der Hypothese 3D_Eff, dass eine dreidimensionale, nutzergerechte Darstellung die Effizienz eines FIS im Erstkontakt erhöhen kann.

Ablenkung von der Fahraufgabe Auf die Ablenkung von der Fahraufgabe wird über die Daten aus den messungen des Blickverhaltens und der Spurhaltegröße des LCTs geschlossen.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Ergebnissen der Blickmessungen für den Aufgabentyp Optionen sind in Abbildung 7.8 graphisch abgebildet. Die zugehörigen Werte sind in Tabelle 7.2 aufgelistet. Wie prognostiziert ergeben sich bei der kumulierten Blickdauer signifikante Unterschieden zu Gunsten des 3D iFlip mit einer

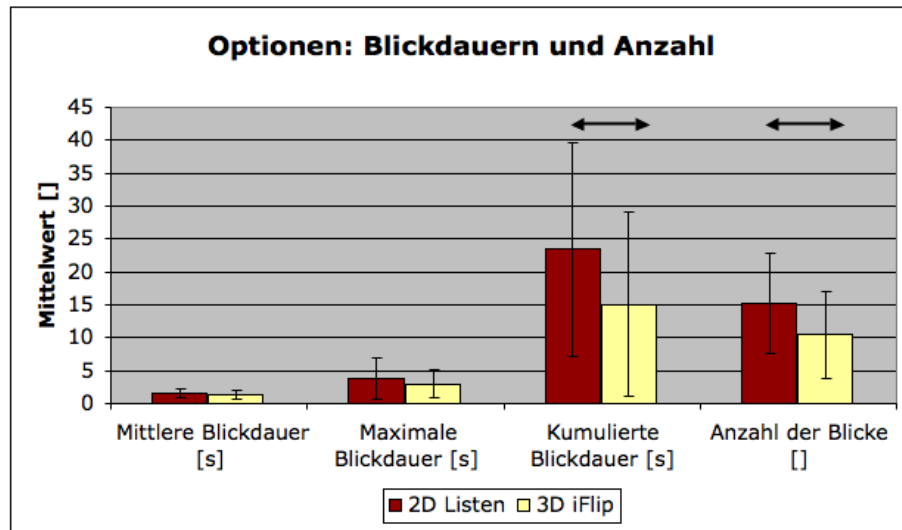


Abbildung 7.8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für die Aufgabentyp Optionen in dem 2D System und dem 3D System.

Optionen Blickdauern								
Variante	Mittl. Blickdauer [s]		Max. Blickdauer [s]		Kum. Blickdauer [s]		Blickanzahl []	
	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	0,200		0,071		0,004		< 0,001	
$F_{(3,14)}$	1,659		3,313		8,884		13,075	
partielles η^2	0,01		0,03		0,07		0,10	
Mittelw. []	1,5	1,35	3,91	3,01	23,43	15,09	15,22	10,42
Stabw. []	0,65	0,63	3,13	2,09	16,22	13,94	7,69	6,67

Tabelle 7.2: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Optionen in dem 2D System und dem 3D System.

mittleren Effektstärke. Bei der Anzahl der Blicke liegt ebenfalls eine vorteilhafte signifikante Diskrepanz für das dreidimensionale Konzept vor. Für die mittleren und maximalen Blickdauern ist keine statistisch abgesicherte Aussage möglich.

Abbildung 7.9 und Tabelle 7.3 geben die Werte für die Blickmessungen bei dem Aufgabentyp Quersprung wieder. In diesem Aufgabentyp werden die Signifikanzen bis auf eine Ausnahme reproduziert. Überraschenderweise liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der mittleren Blickdauer ebenfalls zu Gunsten des 3D iFlips unter dem festgelegten Signifikanzniveau.

Die Werte der Kenngröße Spurabweichung aus dem LCT sind in Abbildung 7.10 graphisch abgebildet und in Tabelle 7.4 aufgelistet. Es lassen sich keine statistisch abgesicherten Aussagen über Unterschiede in der Spurhaltung machen. Die Hypothese 3D_Abl kann hinsichtlich der Spurhaltung nicht bestätigt werden.

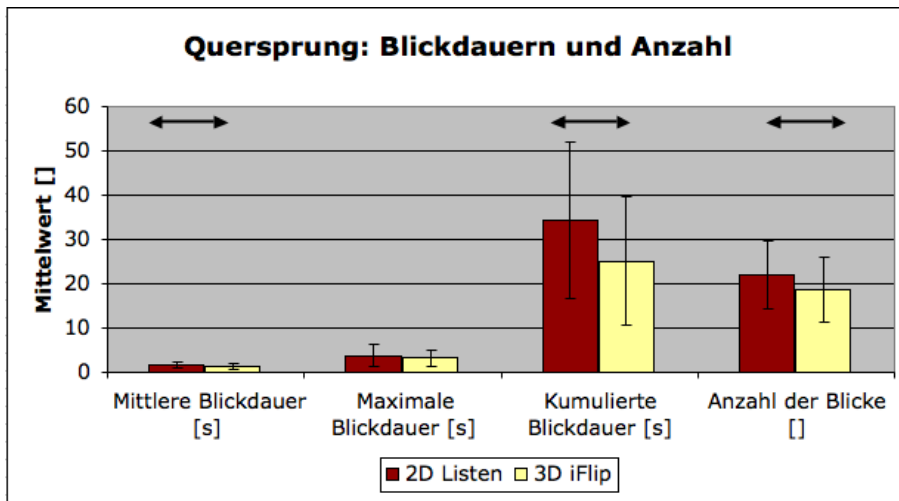


Abbildung 7.9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

Quersprung Blickdauern								
	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
Variante	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	0,044		0,191		0,009		0,046	
$F_{(2,14)}$	4,190		1,735		7,226		4,11	
partielles η^2	0,05		0,2		0,08		0,04	
Mittelw. []	1,58	1,32	3,83	3,19	34,34	25,09	21,93	18,71
Stabw. []	0,64	0,56	2,63	1,85	17,61	14,55	7,72	7,27

Tabelle 7.3: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

7.1.4.3. Subjektive Ergebnisse

Gemäß der Hypothesen ergibt sich die Annahme, dass eine höhere Attraktivität des 3D iFlip vorliegen wird und die Probanden dieses Konzept bevorzugen werden. Zur Gewinnung subjektiver Ergebnisse werden drei verschiedene Techniken angewendet.

Die Versuchspersonen beantworten jeweils nach dem Beenden einer Aufgabe vier kurze Fragen, um den subjektiven Soforteindruck der Bediensituation festzuhalten. Vermutlich werden die Versuchspersonen die Aufgaben nach ihrem subjektiven Empfinden mit dem dreidimensionalen System leichter lösen können, aber keinen Unterschied zur Vereinbarkeit mit der Fahraufgabe zwischen den beiden Systemen feststellen.

Ein abschließender Fragebogen überprüft subjektive Präferenzen und erfasst durch den AttrakDiff die Attraktivität der beiden Systeme. Es wird angenommen, dass die Teilnehmer das 3D iFlip gegenüber dem konventionellen System bevorzugen werden. Des Weiteren wird sich die höhere Attraktivität des dreidimensionalen Konzepts in vorteilhaften

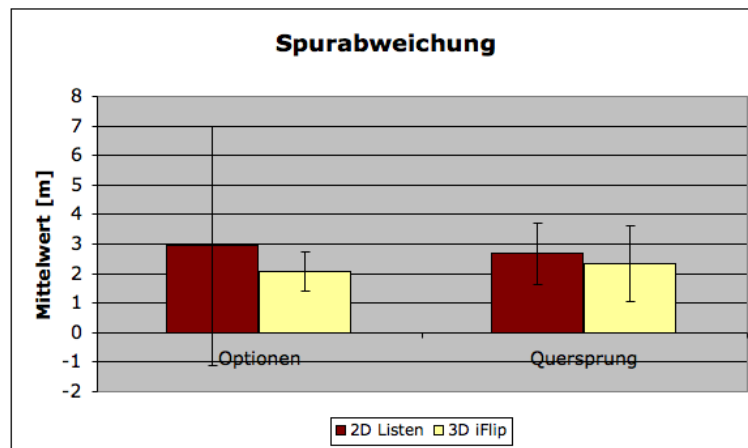


Abbildung 7.10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

Spurabweichungen				
	Optionen		Quersprung	
Variante	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	0,110		0,134	
$F_{(3,14)}, F_{(2,14)}$	2,595		2,293	
partielles η^2	0,02		0,03	
Mittelwert [m]	2,94	2,06	2,68	2,35
Stabw. [m]	4,07	1,03	0,66	1,29

Tabelle 7.4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung in dem 2D System und dem 3D System.

signifikanten Differenzen in den Parametern hedonische Qualität und Attraktivität in dem AttrakDiff zeigen.

Subjektiver Soforteindruck Die Probanden bewerten die in Abschnitt 7.1.3.3 vorgestellten Aussagen auf einer Likert Skala von eins (stimmt) bis sechs (stimmt nicht). Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.11 graphisch aufbereitet und die Werte in Tabelle 7.5 angetragen. Anders als erwartet kann für alle Fragen eine eindeutige signifikante Bevorzugung des dreidimensionalen Interaktionskonzepts ermittelt werden. Die Probanden fühlen sich überraschenderweise mit dem dreidimensionalen System bei der gleichzeitigen Ausführung der Fahraufgabe sicherer. Sie können subjektiv die Spur besser halten, die Straße besser im Auge behalten und sich besser auf das Fahren konzentrieren. Zudem fällt ihnen das Lösen der Aufgabe, wie prognostiziert, nach eigenem Empfinden bei 3D iFlip leichter. Damit eignet sich nach der Einschätzung der Probanden die dreidimensionale Darstellung eher zur Anzeige von FIS als eine zweidimensionale Listendarstellung.

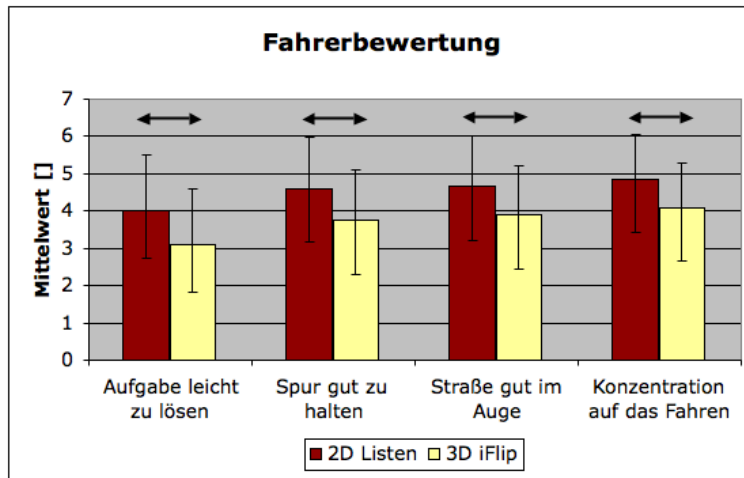


Abbildung 7.11: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe des 2D Systems und des 3D Systems durch die Probanden.

Fahrerbewertung								
	Aufgabe lösen		Spur halten		Straße im Auge		Konzentration	
Variante	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	< 0,001		< 0,001		< 0,001		< 0,001	
$F_{(6,14)}$	20,299		19,545		15,474		17,836	
partielles η^2	0,09		0,09		0,07		0,08	
Mittelwert []	4,01	3,11	4,61	3,75	4,66	3,89	4,84	4,07
Stabw. []	1,48	1,29	1,36	1,45	1,34	1,46	1,22	1,4

Tabelle 7.5: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe des 2D Systems und des 3D Systems durch die Probanden.

Subjektive Präferenzen Letztlich überprüft der abschließende Fragebogen verschiedene Fragestellungen hinsichtlich individueller Aspekte sowie einer vergleichenden Bewertung der beiden in der Dimensionalität variierenden Darstellungen. Hier ist lediglich ein Ausschnitt der Fragen aufgeführt, eine genaue Darstellung der Ergebnisse des umfangreichen Fragebogens würde den Umfang der Ergebnispräsentation sprengen. Ein ausführliche Darstellung der Ergebnisse aller Fragen kann [25, 95] entnommen werden.

Der Großteil der Probanden (14) empfindet eine Verbesserung der Übersichtlichkeit durch die perspektivische Anordnung. Zehn Teilnehmer können sich mithilfe der in den Raum rotierten Submenüs und der damit verbundenen rudimentären Zustandsübersicht besser orientieren. Eine ablenkende Wirkung der Animation empfinden vier Versuchspersonen.

Die Auswertung der Fragen, welches Konzept die Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit in welchem Maße erfüllt, zeigt in Abbildung 7.12 stets ein ähnliches Bild. Hinsichtlich

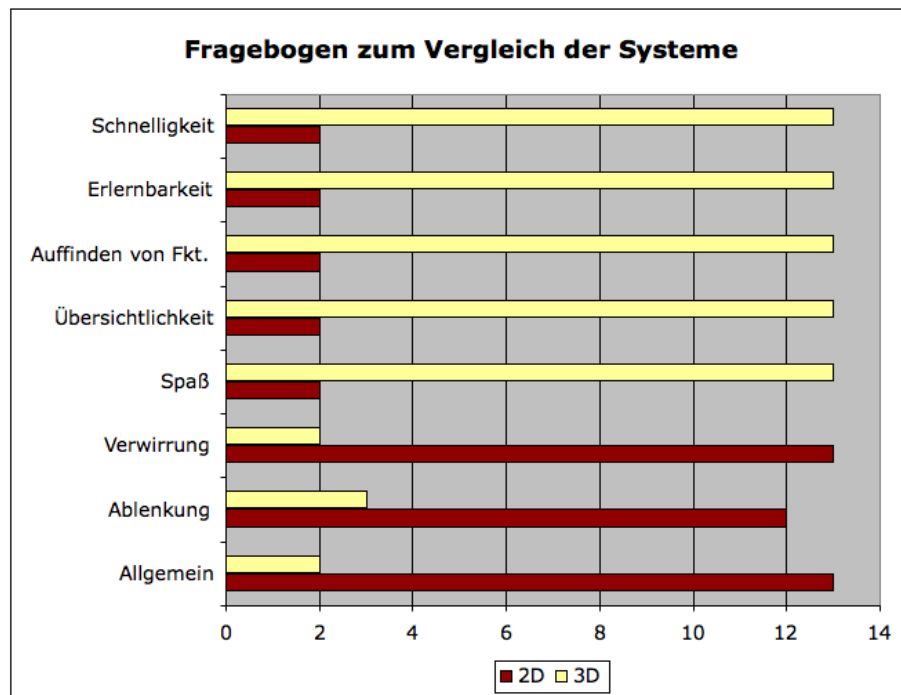


Abbildung 7.12: Bewertung durch die Versuchspersonen welches Systems bezüglich eines Merkmals oder einer Eigenschaft bevorzugt wird.

der Effizienz, Erlernbarkeit, schnelleren Auffindbarkeit von Funktionen, Übersichtlichkeit und des Spaßfaktors zu bevorzugen 13 der 15 Probanden das dreidimensionale Konzept. Zusätzlich geben 12 der Probanden an, mit dem 3D Konzept besser zurechtgekommen zu sein. Die Frage nach dem verwirrenderem Konzept beantworten 13 der Versuchspersonen und nach dem Konzept mit dem größeren Ablenkungspotential 12 der Teilnehmer mit der zweidimensionalen Darstellung. Letztendlich bevorzugen 13 der Versuchspersonen das dreidimensionale Konzept und begründeten ihre Wahl mit der einfacheren Bedienung, weniger Ablenkung, leichter zu erlernen und der verwirrenden Menüführung bei der 2D Darstellung. Damit werden die objektiven Ergebnisse durch die subjektiven Präferenzen bestätigt.

Attraktivität Gemäß der formulierten Hypothesen wird sich die höhere Attraktivität durch die dreidimensionale Darstellung voraussichtlich bei den Faktoren hedonische Qualität und Attraktivität in dem AttrakDiff signifikant zeigen. Abbildung 7.13 ist zu entnehmen, dass sich die dreidimensionale Darstellung in allen Faktoren des AttrakDiff signifikant unterscheidet. Die zugehörigen Mittelwerte, Standardabweichungen und α -Fehler sind in Tabelle 7.6 aufgelistet. Überraschenderweise weist das Ergebnis zur pragmatischen Qualität ebenfalls einen signifikanten Unterschied auf.

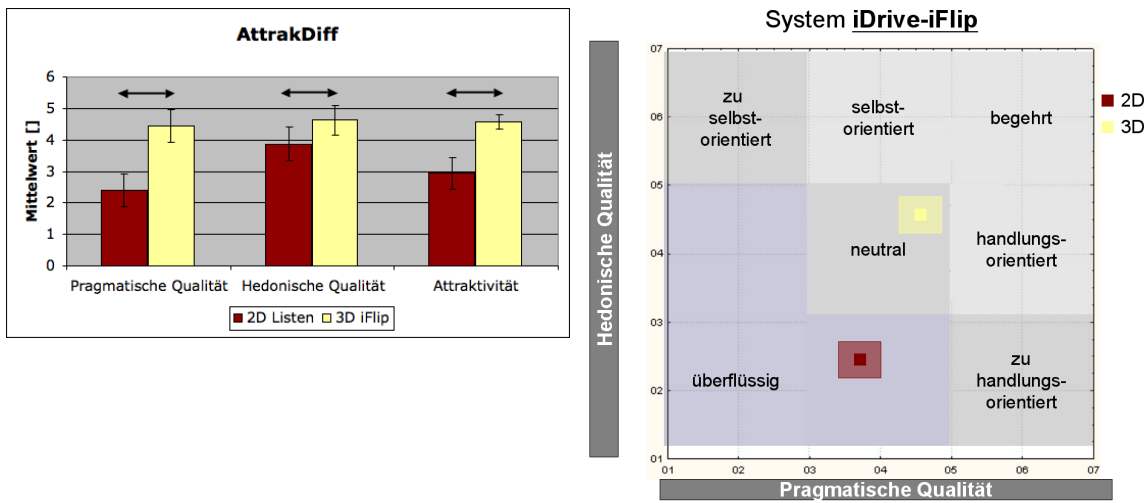


Abbildung 7.13: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität des 2D Systems und des 3D Systems durch die Probanden.

AttrakDiff						
	prag. Qualität		hed. Qualität		Attraktivität	
Variante	2D	3D	2D	3D	2D	3D
α -Fehler	< 0,001		< 0,001		< 0,001	
Mittelwert []	2,39	4,44	3,87	4,62	2,94	4,57
Stabw. []	0,51	0,51	0,54	0,46	0,49	0,23

Tabelle 7.6: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität des 2D Systems und des 3D Systems durch die Probanden.

7.1.5. Schlussfolgerungen

Die Studie hat gezeigt, dass dreidimensionale Darstellungen im Vergleich zu zweidimensionalen, listenbasierten Repräsentationen ein hohes Potential für FIS aufweisen.

Bezüglich der Effizienz im Erstkontakt schneidet 3D iFlip als ein besseres Konzept mit kürzeren Bedienzeiten ab. Die Versuchspersonen benötigten signifikant weniger Zeit und Blicke, um eine Aufgabe zu lösen. Zusätzlich konnte von den Versuchsleitern häufig beobachtet werden, dass sich die Versuchspersonen in der zweidimensionalen Listenstruktur verirrt und mit dem Bearbeiten der Aufgabe von vorne begonnen haben. Damit wird die Hypothese 3D_Eff unterstützt, nach der das 3D Konzept die Bildung des mentalen Modells im Gegensatz zur Listendarstellung verbessern.

Eine signifikante Diskrepanz oder Übereinstimmung bei der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe in den Kenngrößen Spurabweichung und mittlere Blickdauer konnte nicht gezeigt werden. In einem Aufgabentyp konnte sogar eine signifikante Verminderung in den mittleren Blickdauern für das 3D Konzept gezeigt werden. Die mittleren Blickdauern

liegen bei 1,34 Sekunden für 3D iFlip. Damit erfüllt das dreidimensionale Interaktionskonzept die Anforderungen aus [66], nachdem die Blickdauern für FIS unter 1,5 Sekunden liegen sollen. Im Hinblick auf das Blickverhalten konnte keine größere Ablenkung durch die dreidimensionale Repräsentation nachgewiesen werden. Die Spurhaltegüte aus dem LCT lieferte keine statistisch aussagekräftigen Daten. Die subjektive Verträglichkeit mit der Fahraufgabe wurde für das dreidimensionale Konzept in mehreren Dimensionen als signifikant besser empfunden. Die Hypothese 3D_Abl kann durch die Blickdaten und das subjektive Empfinden teilweise belegt werden.

Die Auswertung der subjektiven Daten ergibt, dass die Benutzer die dreidimensionale Darstellung bevorzugen. Subjektiv präferierten die Versuchspersonen eindeutig 3D iFlip hinsichtlich der Kriterien der Gebrauchstauglichkeit wie beispielsweise Erlernbarkeit, Übersichtlichkeit und Akzeptanz. Speziell die Vorschau durch die perspektivisch weggeklappten Menütafeln erleichterte subjektiv die Orientierung im Erstkontakt. Die höhere Attraktivität und Attraktivität konnte in den Ergebnissen des AttrakDiffs signifikant gezeigt werden und damit die Richtigkeit der Hypothese 3D_Attr.

Zusammenfassend kann eine signifikante Steigerung der Gebrauchstauglichkeit und der Attraktivität durch die dreidimensionale Repräsentation nachgewiesen werden.

7.2. Direkte Manipulation via Touchscreen vs Controller

Direkte Manipulation, beispielsweise per Maus oder Touch, ist der übliche Weg, um in einer Desktopumgebung mit einem graphischen Interaktionskonzept zu interagieren [137, 138]. Ein großer Vorteil der direkten Manipulation liegt in der intuitiven und natürlichen Art der Eingabe. Dadurch kann eine bildhafte Anzeige optimal zu einem benutzerzentrierten Gesamtkonzept ergänzt werden.

In aktuellen Produkten deutscher Automobilhersteller wird die Bedienung von FIS mittels eines multifunktionalen Controllers realisiert [21, 109, 189], siehe Abschnitt 2.3.6. Andere Hersteller setzen die Bedienung der FIS mithilfe eines Touchscreens um [97, 165], siehe Abschnitt 2.3.6.5. Zwar stellt die direkte Interaktion per Berührung eine einfache Alternative zur Controllerbedienng dar, fraglich ist aber, ob sie mit der Fahraufgabe gut vereinbar ist. Die visuelle Aufmerksamkeit, die beispielsweise beim Anvisieren eines Buttons benötigt wird, kann die Ablenkung von der Fahraufgabe erhöhen. Die Frage, ob eine direkte Manipulation per Touchscreen ohne Einschränkungen in eine automotiv Umgebung übertragen werden kann, soll in der folgenden vergleichenden Evaluation in einem LCT beantwortet werden.

Eine ausführliche Beschreibung des Versuchs findet sich in [25, 95].

7.2.1. Hypothesen

Im Folgenden werden Hypothesen formuliert, die eine Prognose für die Gegenüberstellung der beiden Eingabeformen Berührung und multifunktionales Bedienelement zulas-

sen. Es soll überprüft werden, welches der Eingabelemente zur Manipulation dreidimensionaler, graphischer Interaktionskonzepte für FIS besser geeignet ist.

Bei der direkten Manipulation liegt die Priorität auf dem konzeptuellen Modell der Anzeige. Der Betrachter kann das Erlernen der Menüführung auf ein mentales Modell der Anzeige reduzieren. Wird dagegen per Controller bedient, muss zusätzlich das konzeptuelle Modell des Controllers verstanden und auf die Anzeige übertragen werden. Dadurch entsteht zumindest anfangs eine höhere kognitive Last.

Die Bedienung per Berührung setzt das Anvisieren des Ziels voraus. Der Benutzer hat kaum haptische Anhaltspunkte, um sich blind zu orientieren. Es wird angenommen, dass die direkte Manipulation mit intensiven Blickkontakten verbunden ist. Die gewünschte Funktion muss mit dem Zeigegerät, im Fall des Touchscreens der Zeigefinger, anvisiert und die Position fortlaufend überprüft und korrigiert werden.

Letztlich ist die Bedienung per Berührung durch diverse Systeme im Alltag bekannt, beispielsweise bei Informationskiosken oder Fahrkartenautomaten der Bahn. Die direkte Art unterstützt besonders technisch unversierte Benutzer. Auch die Bedienung von Menüs durch multifunktionale Bedienelemente wie beispielsweise einer Kreuzwippe oder einem Navipad ist im Bereich mobiler Endgeräte üblich. Allerdings beschränkt sich die Bedienung auf überschaubare Menüstrukturen und das multifunktionale Bedienelement verfügt lediglich über Schieben und Drücken.

Basierend auf diesen Annahmen werden Hypothesen bezüglich des Vergleichs zwischen einem multifunktionalen Bedienelement und einem Touchscreen getroffen.

- **Hypothese Bed_Eff:** Im Erstkontakt stellt das multifunktionale Bedienelement, die schwierigere und damit langsamere Eingabevariante dar.
- **Hypothese Bed_Abl:** Der Eingabe durch Berührung erzeugt eine höhere visuelle Ablenkung von der Fahraufgabe als das zentrale Bedienelement.
- **Hypothese Bed_Attr:** Für die Manipulation des dreidimensionalen FIS wird im Erstkontakt der Touchscreen bevorzugt.

Zusammenfassend wird angenommen, dass die direkte Manipulation bezüglich Effizienz und Zufriedenheit besser abschneidet. Das multifunktionale, zentrale Bedienelement ist besser mit der zeitgleichen Fahraufgabe vereinbar.

7.2.2. Versuchsaufbau

Die Untersuchung wurde im Usability Lab des Lehrstuhls für Ergonomie an der TU München durchgeführt und der Aufbau entspricht der Beschreibung aus Abschnitt 7.1.3.1.

Problematisch war die Anordnung des Touchscreens, der gleichzeitig zur Eingabe und zur Anzeige des FIS diente. Die bequemen Ablesepositionen des Touchscreens stellten sich für die Interaktion als untauglich heraus, da sie beispielsweise ein Ablösen der

Schulter vom Sitz bei der Bedienung zur Folge hatten. Umgekehrt erforderten ergonomisch angemessene Bedienpositionen große Blickabwendungswinkel. Demnach musste ein Kompromiss gefunden werden, der sowohl Ablesen als auch Bedienen ermöglicht.

Die Platzierung des Controllers, im Folgenden auch als ZBE (zentrales Bedienelement) abgekürzt, eines BMW iDrive der BMW 5er Reihe, Baujahr 2003, mit vier Schieberichtungen war hingegen einfacher. Nachdem der Controller lediglich zur Eingabe benötigt wird, konnte er in einer ergonomisch bequem zu erreichenden Position in der Mittelarmlehne platziert werden.

Zur Untersuchung wurden das 3D iFlip in der ersten Version mit gleicher Benutzerführung und ähnlicher graphischer Darstellung, aber unterschiedlichen Bedienelementen verwendet. In Abschnitt 6.2.1.4 sind die beiden Systeme ausführlich beschrieben.

7.2.3. Versuchsdurchführung

7.2.3.1. Versuchspersonen

Es nahmen 15 Probanden im Alter von 21 und 67 Jahren (Durchschnitt 45 Jahre) an der Studie teil, davon fünf Frauen. Es wurde, wie bei dem vorangehenden Experiment darauf geachtet, dass die Probanden kaum Erfahrung mit FIS hatten sowie eine geringe Technikaffinität aufwiesen.

7.2.3.2. Aufgaben und Ablauf

Die Aufgaben und der Ablauf entsprachen dem vorangehenden Experiment in Abschnitt 7.1.2 und Abschnitt 7.1.3.3.

7.2.4. Ergebnisse

In dem Versuch werden aus den angewendeten Methoden Kenngrößen gewonnen, die eine Bewertung der beiden Eingabemodalitäten zulassen. Wie im vorherigen Abschnitt 7.1.4 geben die Kenngrößen Spurabweichungen aus dem LCT und mittlere, maximale sowie kumulierte Blickdauern aus dem DIKABLIS Aufschluss über den Grad der Ablenkung von der Fahraufgabe. Auf die Effizienz wird über die Kenngröße Bearbeitungsdauer aus dem LCT geschlossen.

Ergänzende subjektive Befragungen vervollständigen die Datenerhebung. Subjektive Soforteindrücke, Präferenzen und Attraktivität werden durch Kurzinterviews, einen vergleichenden Fragebogen und den AttrakDiff ermittelt.

7.2.4.1. Vorgehensweise bei der Auswertung

Nachdem Versuchsdesign, Ablauf und Kenngrößen im Wesentlichen dem Versuch aus Abschnitt 7.1 entsprechen wird das Verfahren zur Auswertung analog aus Abschnitt 7.1.4.1 übernommen. Die sieben Versuchsaufgaben werden zu den zwei Aufgabentypen

Quersprung und Optionen zusammengefasst und mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung verglichen. Die beiden Faktoren entsprechen den Eingabemodalitäten und den Aufgabenvarianten, wobei in der vorliegenden Arbeit nur die Unterschiede zwischen den Bedienelementen betrachtet wird. Jede Versuchsperson absolviert alle Aufgaben mit beiden Systemen.

7.2.4.2. Objektive Ergebnisse

Die in Abschnitt 7.2.1 aufgestellten Hypothesen ermöglichen Vorhersagen über die Ergebnisse der Versuchsauswertung. Beispielsweise werden sich vermutlich signifikant kürzeren Bedienzeiten und eine signifikant geringere Blickanzahl für die Interaktion per Berührung zeigen. Es kann weiter angenommen werden, dass die durchschnittlichen Blickdauern und Spurabweichungen signifikante Unterschiede zu Gunsten der Eingabe über das multifunktionale Bedienelement aufweisen. Nachdem sich die kumulierte Blickdauer aus der Anzahl der Blicke und der mittleren Blickdauer berechnet, werden keine signifikanten Unterschiede erwartet. Die Ablenkungswirkung des Touchscreens wird höher als bei dem zentralen Bedienelement eingeschätzt.

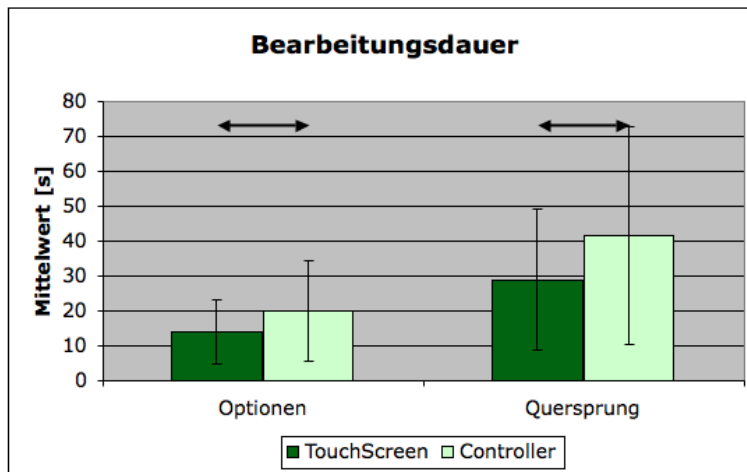


Abbildung 7.14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Effizienz Bei beiden Aufgabentypen lässt sich ein signifikanter Unterschied mit mittleren Effektstärken bezüglich der Bediendauern zum Vorteil der Touchbedienung feststellen. α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Abbildung 7.14 graphisch angetragen und in Tabelle 7.7 aufgelistet. Das Ergebnis belegt die Annahme, dass der Touchscreen im Erstkontakt eine schnellere und effizientere Lösung darstellt als die Controllerbedienung.

Bediendauern				
	Optionen		Quersprung	
Variante	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,002		0,025	
$F_{(3,14)}, F_{(2,14)}$	9,891		5,245	
partielles η^2	0,08		0,06	
Mittelwert []	13,89	20,10	28,95	41,68
$\hat{\sigma}$ Stabw. []	9,25	14,37	20,15	31,18

Tabelle 7.7: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Ablenkung von der Fahraufgabe Für die Beurteilung des Ablenkungsgrads von der Fahraufgabe durch die Bedienung eines der beiden Systeme werden das Blickverhalten und die Spurhaltegüte im LCT herangezogen. Bei der Durchführung dieses Versuchs ergaben sich Probleme bei der Aufzeichnung der Blickdaten durch das Blickerfassungssystem. Bei drei Versuchspersonen fiel das System aus und die Blickfilme konnten für die Auswertung nicht verwendet werden.

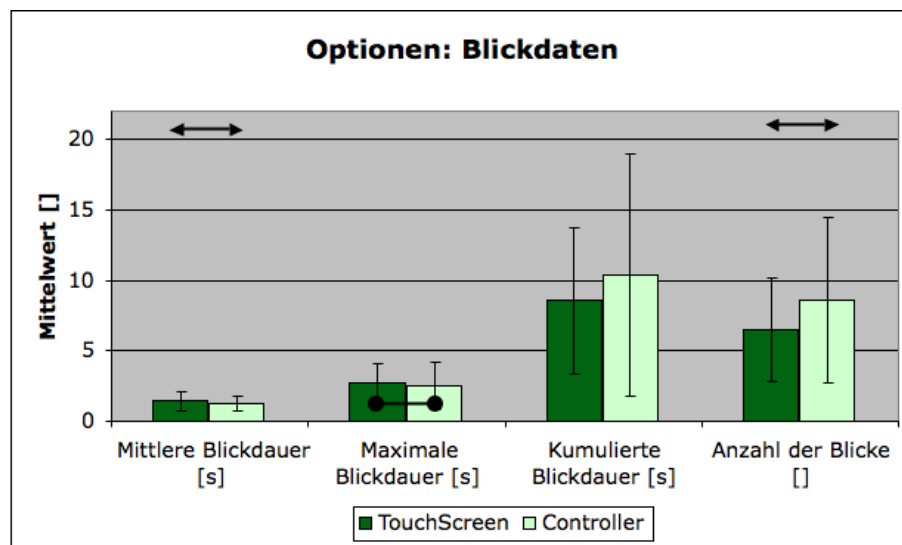


Abbildung 7.15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten für den Aufgabentyp Optionen für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Für den Aufgabentyp Optionen sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten in Abbildung 7.15 und in Tabelle 7.8 aufbereitet. Wie erwartet, ergibt sich bezüglich der Anzahl der Blicke ein signifikanter Unterschied, der den Vorteil der berührungssensitiven Bedienung hinsichtlich der Effizienz weiter verstärkt. Es lässt sich aber auch, wie ebenfalls prognostiziert, ein signifikanter Unterschied in der mittleren Blick-

7.2. Direkte Manipulation via Touchscreen vs Controller

Optionen Blickdaten								
Variante	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,042		0,378		0,184		0,026	
$F_{(3,11)}$	4,241		0,784		1,791		5,160	
partielles η^2	0,05		0,01		0,02		0,05	
Mittelwert []	1,44	1,23	2,75	2,55	8,56	10,37	6,5	8,55
Stabw. []	0,64	0,56	2,63	1,85	17,61	14,55	7,72	7,27

Tabelle 7.8: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten für den Aufgabentyp Optionen für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

dauer zu Gunsten des zentralen Bedienelements erkennen. Beide Unterschiede liegen in einer kleinen Effektstärke vor. Des Weiteren kann für die kumulierten Blickdauern keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Unerwarteterweise weisen die maximalen Blickdauern keinen signifikanten Unterschied auf. Die langen Blickzeiten für das zentrale Bedienelement können durch die Orientierung auf der Bedienoberfläche im Erstkontakt entstehen.

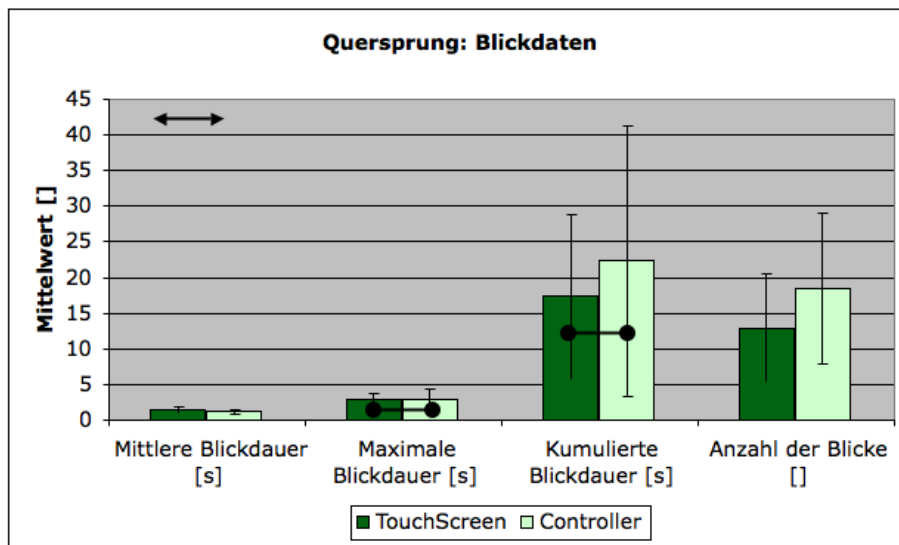


Abbildung 7.16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten für den Aufgabentyp Quersprung für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Die Ergebnisse für die Auswertung der Blickdaten für den Aufgabentyp Optionen werden in dem Aufgabentyp Quersprung teilweise reproduziert. In Abbildung 7.16 und Tabelle 7.9 sind die entsprechenden Signifikanzen, Mittelwerte und Standardabweichungen dargestellt. Wie für den ersten Aufgabentyp unterscheiden sich die beiden Eingabe-

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

Quersprung Blickdaten								
Variante	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,012		0,284		0,472		0,056	
$F_{(2,11)}$	6,695		0,284		0,524		3,755	
partielles η^2	0,09		<0,01		0,01		0,05	
Mittelwert []	1,39	1,15	2,81	2,88	17,22	22,30	12,95	18,49
Stabw. []	0,64	0,56	2,63	1,85	17,61	14,55	7,72	7,27

Tabelle 7.9: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdaten für den Aufgabentyp Quersprung für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

betechniken hinsichtlich der mittleren Blickdauer zu dem Vorteil des multifunktionalen Bedienelements, diesmal mit einer mittleren Effektstärke. Die maximale Blickdauer zeigt, dass der α -Fehler überhalb der Grenze zur Annahme der Nullhypothese liegt. Es bestehen keine Unterschiede zwischen den beiden Systemen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Anzahl der Blicke liegt im Gegensatz zu der vorherigen Aufgabe nicht im statistisch aussagekräftigen Bereich. Dagegen existiert bei der kumulierten Blickdauer kein statistischer Unterschied. Die gesamte Blickabwendung von der Strasse ist demnach für beide Eingabemodalitäten gleich.

Die Differenzen in den Blickmessungen zu den beiden Aufgabentypen lassen sich mit der Unterschiedlichkeit der Aufgaben erklären. Die Aufgabe Optionen stellt eine wesentlich kürzere und einfachere Aufgabe dar. Anscheinend fallen die Unterschiede in den mittleren Blickdauern für längere Aufgaben mit mehreren Bedienschritten stärker ins Gewicht und kompensieren die Vorteile des Touchscreen bei kurzen Aufgaben.

Spurabweichungen				
Variante	Optionen		Quersprung	
	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,110		0,134	
$F_{(3,14)}, F_{(2,14)}$	3,905		3,905	
partielles η^2	0,110		0,04	
Mittelwert []	1,44	1,53	1,91	2,22
Stabw. []	0,98	0,72	0,68	0,79

Tabelle 7.10: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Über die Spurahaltedaten kann anders als angenommen keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Abbildung 7.17 graphisch aufgetragen. Tabelle 7.10 zeigt die entsprechenden Werte.

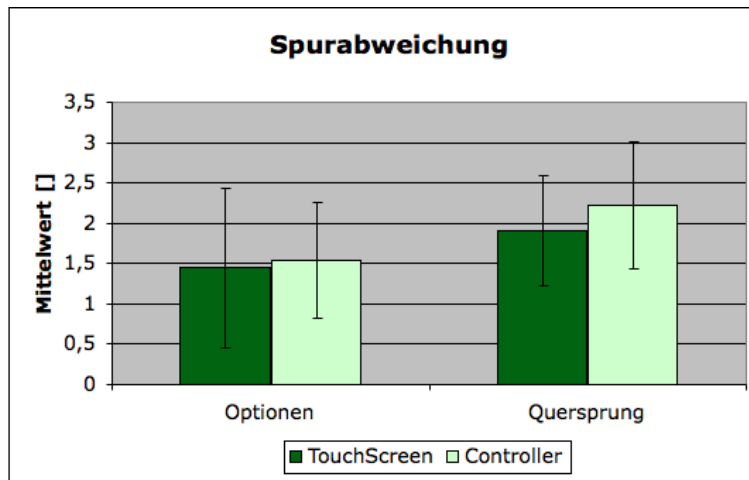


Abbildung 7.17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

7.2.4.3. Subjektive Ergebnisse

Aufgrund der angenommenen Hypothesen wird eine subjektive Bevorzugung der berührungssensitiven Bedienung vermutet. Die Versuchspersonen werden den Touchscreen aufgrund seiner direkten und unkomplizierten Handhabung angenehmer empfinden.

Für die Erfassung des subjektiven Soforteindrucks, werden den Probanden nach der Beendigung jeder Versuchsaufgabe vier Fragen in Form eines Kurzinterviews gestellt. Bei den vier kurzen Fragen zum subjektiven Soforteindruck wird bei der Frage, ob die Straße gut im Auge behalten werden konnte und nach der Konzentration während des Fahrens, eine signifikante Bevorzugung des multifunktionalen Bedienelements erwartet. Bei den beiden anderen Fragen wird eine Signifikanz bezüglich der Bevorzugung des Touchscreens angenommen.

Verschiedene Aspekte zu subjektiven Präferenzen und eine Gesamtbeurteilung der Attraktivitäten werden in einem abschließenden Fragebogen bewertet. Vermutlich werden die Probanden aufgrund der intuitiven Eigenschaft des Touchsreens diesen subjektiv bevorzugen. Das wird sich vermutlich signifikant in allen Aspekten des AttrakDiff zeigen

Soforteindrücke Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Abbildung 7.18 dargestellt. Wie prognostiziert, konnten die Versuchspersonen nach ihrem subjektiven Empfinden die Aufgaben mit dem Touchscreen signifikant leichter lösen. Für die Frage, ob die Personen die Straße gut im Auge behalten können, wird kein statistisch abgesichertes Ergebnis erzielt. Dagegen empfinden die Versuchspersonen unerwarteterweise keinen Unterschied hinsichtlich der Spurhaltung und der Konzentration auf das Fahren.

Es wird angenommen, dass diese Fragen bei einer Langzeitstudie anders beantwortet werden. Hat der Fahrer das Implementationsmodell des multifunktionalen Bedienele-

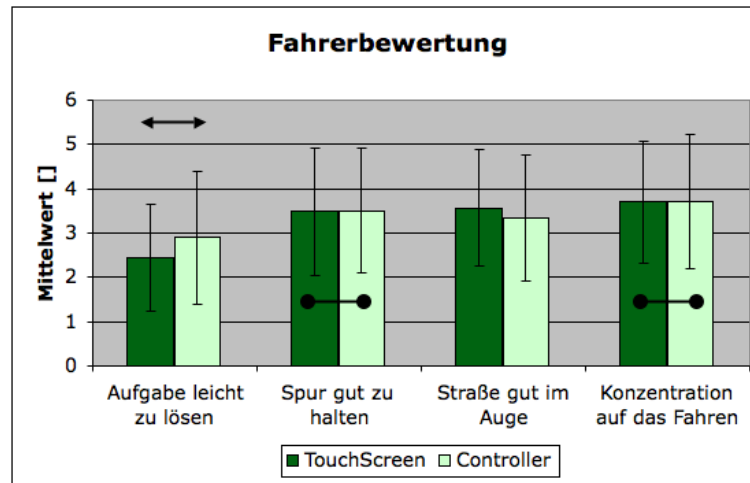


Abbildung 7.18: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Fahrerbewertungen								
	Aufgabe lösen		Spur halten		Straße im Auge		Konzentration	
Variante	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE
α -Fehler	0,015		0,922		0,230		0,924	
$F_{(6,14)}$	5,998		0,009		1,447		0,009	
partielles η^2	0,03		<0,01		0,01		<0,01	
Mittelwert []	2,45	2,90	3,48	3,50	3,57	3,34	3,70	3,72
Stabw. []	1,21	1,50	1,44	1,41	1,31	1,43	1,37	1,51

Tabelle 7.11: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe für die Eingabelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

ments verinnerlicht, wird ihm die Bedienung neben der Fahraufgabe vermutlich leichter fallen.

Abschließender subjektiver Vergleich Der abschließende Fragebogen beurteilt das subjektive Empfinden der Versuchsteilnehmer bezüglich eines Vergleichs von Touch- und Controllerbedienung. An dieser Stelle werden lediglich ausgewählte Ergebnisse aus dem umfangreichen Fragebogen vorgestellt. Eine gesamthafte Auswertung und Interpretation findet sich in [25, 95]

Die Versuchspersonen bewerteten die Aussagen wiederum auf einer Likert Skala von eins (stimmt) bis sechs (stimmt nicht).

Abbildung 7.19 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für die ausgewählten subjektiven Fragen. Mittels des t-Test für abhängige Stichproben werden die Unterschiede

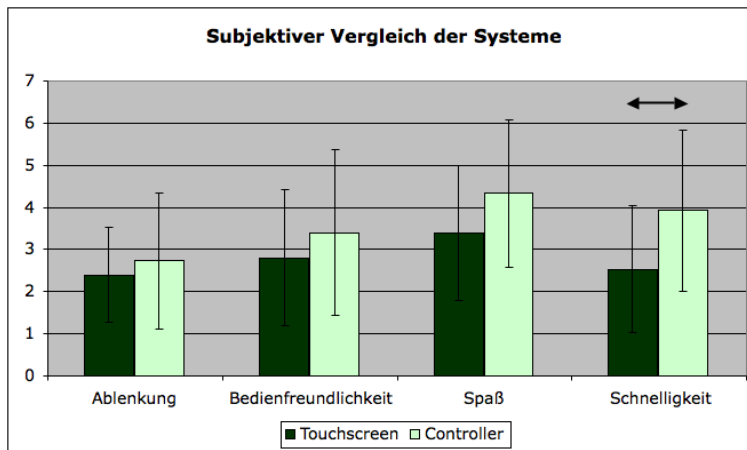


Abbildung 7.19: Bewertung durch die Versuchspersonen der Eingabemodalitäten bezüglich eines Merkmals oder einer Eigenschaft.

de zwischen den Systemen in den einzelnen Fragen berechnet, es ergibt sich lediglich ein statistisch verwertbares Ergebnis. Die Versuchspersonen empfinden die Bedienung per Touchscreen eher als ablenkend als mit dem Controller. Dafür wird die Bedienung mit dem Touchscreen als leichter, mit einem höheren Spaßfaktor und als signifikant schneller empfunden. Bei der abschließenden Frage welche Bedienung die Versuchspersonen bevorzugen, wählen elf der Teilnehmer den Touchscreen. Begründungen sind beispielsweise „intuitiver zu erlernen“, „schneller“ und „leichter“. Die Versuchspersonen, die den Controller bevorzugen, äußern folgende Kommentare: „muss weniger von der Straße wegsehen“ und „lenkt weniger vom Fahren ab“.

Attraktivität Die Rohdaten des AttrakDiffs gingen aufgrund eines Missverständnisses verloren, bevor eine statistische Auswertung durch Signifikanztests erfolgte. Demnach können an dieser Stelle lediglich die Mittelwerte und Standardabweichungen in Abbildung 7.20 und Tabelle 7.12 präsentiert werden. Das AttrakDiff zeigt, dass die Bedienung mit dem Touchscreen in der Tendenz hinsichtlich der pragmatischen Qualität, der hedonischen Qualität sowohl als der Attraktivität, wie angenommen, besser abschneidet als die Controllerbedienung. Ein Signifikanz der Ergebnisse kann nicht mehr ermittelt werden, jedoch lassen die geringen Standardabweichungen auf ein signifikantes Ergebnis in allen drei Dimensionen schließen.

7.2.5. Schlussfolgerungen

Die Evaluierung hat hinsichtlich der Effizienz gezeigt, dass eine direkte Manipulation per Touchscreen im Erstkontakt eine schnellere Bedienung ermöglicht als eine Bedienung durch einen multifunktionalen Controller. Die signifikante Diskrepanz existiert für beide Aufgabentypen und belegt Hypothese Bed_Eff.

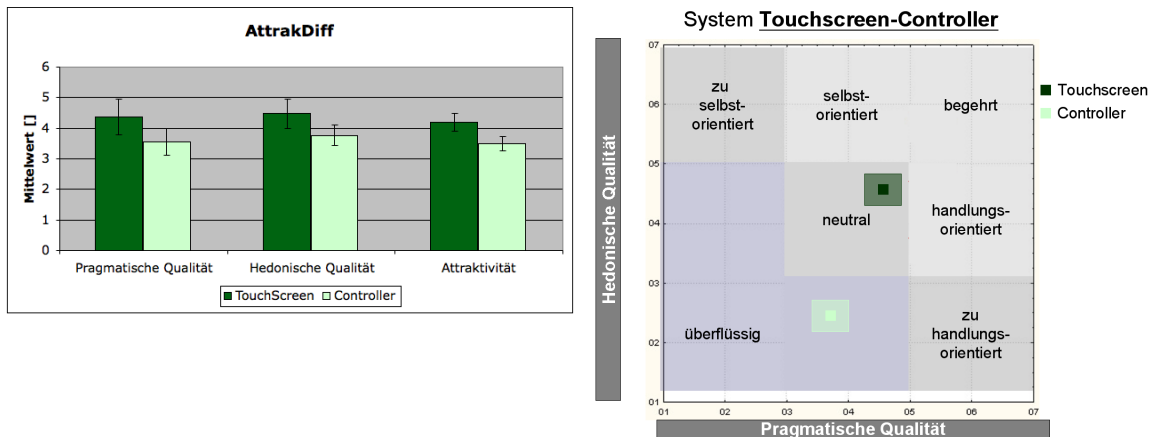


Abbildung 7.20: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

AttrakDiff						
Variante	Touch	ZBE	Touch	ZBE	Touch	ZBE
Mittelwert []	4,37	3,56	4,48	3,77	4,19	3,50
Stabw. []	0,57	0,44	0,49	0,34	0,30	0,24

Tabelle 7.12: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für die Eingabeelemente Touchscreen und multifunktionaler Controller.

Im Blickverhalten konnten weitere signifikante Unterschiede gefunden werden. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Touchbedienung im Erstkontakt zwar längere, dafür aber bei kurzen Aufgaben weniger Blicke für die Bedienung eines FIS erfordert. Die mittleren Blickdauern unterscheiden sich in beiden Aufgabentypen zum Vorteil der Bedienung per zentralem Bedienelement und dies spricht für Hypothese Bed_Abl. Allerdings kann bei den Spurhaltezeiten des LCT zum wiederholten Mal keine statistisch abgesicherte Aussage getätigt werden.

Werden die Mittelwerte mit der Vorgabe von unter 1,5 Sekunden [66] verglichen, dann erfüllen beide Eingabemodalitäten diese Anforderung. Die kumulierte Blickabwendungszeit zeigt, dass der Controller bei zeitaufwändigeren Aufgaben insgesamt keine längere Abwendung von der Fahraufgabe benötigt. Es wird angenommen, dass sich während des Lernprozesses die Effekte für die mittleren Blickabwendungszeiten weiter verstärken. Vermutlich kann über die Automatisierung von Handlungssequenzen eine optimale Blindbedienung erreicht werden. Das Ziel des Zeigefingers muss auch nach dem Erlernen des Systems weiterhin anvisiert und die Position fortlaufend überprüft werden. Zur Belegung dieser Aussagen ist eine Langzeitstudie erforderlich.

Subjektiv empfanden die Versuchspersonen die Bedienung mit dem Touchscreen als leichter, schneller und bevorzugten eindeutig den Touchscreen als Eingabemodalität. Hypothese Bed_Attr kann zusätzlich durch das Ergebnis des AttrakDiff, das den Touch-

screen hinsichtlich pragmatischer und hedonischer Qualität sowie Attraktivität bevorzugt, belegt werden.

Zusammenfassen bildet der Touchscreen die angenehmere und intuitivere Lösung zur benutzerseitigen Eingabe, aber mit der größeren Ablenkung von der Fahraufgabe.

7.3. Menüführung durch Licht und Schatten

Licht und Schatten haben im täglichen Leben, wie in Abschnitt 4.4.1 und in Abschnitt 4.4.2 analysiert, die Eigenschaften, Menschen durch eine Szene zu führen, Objekte zu beleuchten und sichtbar zu machen sowie emotionale Stimmungen zu erzeugen. Im folgenden Versuch wird evaluiert, ob sich diese Eigenschaften in graphische Interaktionskonzepte übertragen lassen.

In Abschnitt 5.3 wird ein Konzept erarbeitet, das die Benutzerführung via eines Spotlights realisiert, relevante Bereiche durch helles Licht hervorhebt und Kontrollkästchen als Glühbirnen anzeigt. Es soll überprüft werden, ob diese Elemente einen Einfluß auf die Effizienz und insbesondere auf die Attraktivität eines graphischen Interaktionskonzept haben.

Das beleuchtete 3D iFlip aus Abschnitt 6.2.3 wird in einem Bedienvergleich mit dem herkömmlichen 3D iFlip verglichen. Ziel ist ein Vergleich der Attraktivität und der Effizienz. Nachdem lediglich eine sehr geringe Variable variiert wird, wurde auf eine Untersuchung, ob sich durch Licht und Schatten Unterschiede in der Fahrleistung ergeben, verzichtet.

In dem gleichen Versuch werden Konzepte zur Integration von Lesezeichen verglichen. Die Expertenstudie aus Abschnitt 5.2.2 zeigt den eindeutigen Wunsch nach einer Individualisierungsmöglichkeit durch Lesezeichen. Nachdem die Platzierung der Lesezeichen auf der Rückseite der graphischen Konzepte keinen Anklang fand, wird in Abschnitt 5.4.2 ein alternatives Konzept entwickelt. Die Lesezeichen werden auf einer übergeordneten Ebene in Spiralförmigkeit präsentiert. Ein Vergleich mit einer Listendarstellung soll zeigen, ob die Nutzer die spiralförmige Anzeige einer geringen Datenmenge als gebrauchstauglich und attraktiv bewerten.

In [160] wird diese Untersuchung ausführlich dargelegt.

7.3.1. Hypothesen

In diesem Abschnitt werden Hypothesen formuliert, die eine Prognose von Differenzen zwischen einer beleuchteten und einer konventionellen Menüführung zulassen. Im Fokus steht die Frage, ob sich die Attraktivität und vielleicht sogar die Gebrauchstauglichkeit durch Licht und Schatten spürbar verbessern.

Licht und Schatten haben eine starke emotionale Wirkung auf Menschen. Eine Integration einer angenehmen Beleuchtung in ein graphisches Interaktionskonzept kann eine

solche Eigenschaft in dieser Umgebung replizieren. Des Weiteren ist es üblich, die Aufmerksamkeit eines Theaterzuschauers durch Lichtkegel zu lenken. Der Benutzer muss in einer per Eingabegerät gesteuerten Bedienoberfläche jederzeit wissen, wo sich der Repräsentant des Bedienelements befindet und wohin sich der Repräsentant bei einer Interaktion bewegt. Die Mechanismen der Bühne lassen sich in die Bedienoberfläche übertragen. Durch einen Lichtkegel und die Beleuchtung der bedienungsrelevant aktiven Bereiche kann der Nutzer den Zustand des Menüs schneller erfassen und damit interagieren. Statt einer farblichen Hervorhebung oder eines Rahmens soll Beleuchtung als attraktivere und gebrauchstauglichere Alternative untersucht werden. Nachdem der Unterschied der Bedienkonzepte aber so gering ist, wird er vermutlich bei der Gebrauchstauglichkeit nicht statistisch nachweisbar sein.

- **Hypothese Licht_Eff:** Eine Menüführung durch beleuchtete Interaktionsbereiche und einem Fokus als hellstem Element in der Bedienoberfläche erhöht die Effizienz gegenüber einem dreidimensionalen Interaktionskonzept ohne Beleuchtung nicht.
- **Hypothese Licht_Attr1:** Die Beleuchtung wird als angenehmeres und anziehenderes Konzept empfunden.
- **Hypothese Licht_Attr2:** Die Darstellung von Kontrollkästchen als Glühbirnen wird von den Probanden bevorzugt.

Eine spiralförmige Anordnung einer kurzen Liste erzeugt einen räumlichen Eindruck und ist eine unkonventionelle Alternative zu einer herkömmlichen Darstellung. Durch den Tiefeneindruck ergänzt die Spirale das räumliche Konzept des 3D iFlip. Die Spirale ist explizit für kleine Datenmengen vorgesehen und verschafft ähnlich zu einer Liste einen guten Überblick über die Daten, wobei die fokussierten Elemente ähnlich zu Fokus und Kontext Strategien groß und im Vordergrund platziert wird. Der Überblick über die restlichen Elemente bleibt jedoch weitgehend erhalten.

Basierend auf diesen Annahmen werden im Folgenden Hypothesen formuliert.

- **Hypothese Spirale_Eff:** Die Spirale erzeugt bezüglich der Bedienzeiten keinen signifikanten Unterschied in der Effizienz zu der Listendarstellung.
- **Hypothese Spirale_Attr1:** Der Anwender favorisiert die Spirale hinsichtlich Attraktivität und Vergnügen.

Zusammenfassend wird eine Steigerung der Attraktivität durch Licht- und Schattenelemente sowie durch die spiralförmige Anzeige erwartet.

7.3.2. Aufgaben

Anhand der Aufgaben sollen basierend auf den Hypothesen verschiedene Annahmen hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Systemen getroffen werden. Dadurch entstehen Anforderungen an das Design der Versuchsaufgaben. Sie müssen mit beiden Systemen durchführbar sein. Dies stellt kein Problem dar, da sich die Systeme lediglich in dem Beleuchtungsmodell und der Repräsentation der Lesezeichen unterscheiden. Nachdem die Benutzerführung im Vordergrund steht, sollen möglichst unterschiedliche Versuchsaufgaben absolviert werden, damit der Benutzer stärker auf die Menüführung angewiesen ist als bei gewöhnten Handlungen. Um die Akzeptanz der Nutzer zu erhöhen sollen die Aufgaben realitätsnah und mit den zur Verfügung gestellten Mittel lösbar sein.

Es wurden vier Aufgabentypen gewählt, von denen jeweils zwei Variationen durchgeführt wurden. Jede Versuchsperson führte alle Aufgaben in allen Varianten also zwei Systemen mit unterschiedlichen Konzepten zur Menüführung und der Anzeige der Lesezeichenmenüs durch. Jede Aufgabe ist mit einer Rückkehr ins Hauptmenü abgeschlossen.

7.3.2.1. Aufgabenkategorie Radio

In der Aufgabenkategorie Radio wird von dem Benutzer verlangt den Radiosender zu verstellen. Den Versuchspersonen werden zwei Variationen dieser Kategorie gestellt:

1. Stellen Sie die Frequenz 92,0 am Radio ein und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Wählen Sie den Sender Bayern 2 aus der Liste der Senderspeicher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

Abhängig davon, ob der Benutzer den Radiosender in dem Menü selbst oder über eines der Favoritenmenüs bedient, unterscheidet sich der Bedienweg. Zwischen den Systemvarianten ändert sich lediglich die Präsentationsform, nicht aber die Struktur.

Im ersten Vergleich wird die Menüführung im herkömmlichen Menü einmal mit Licht und Schatten sowie in dem gewohnten Erscheinungsbild realisiert. Abbildung 7.21 zeigt den Ablauf in dem konventionellen 3D iFlip, Abbildung 7.22 die Abfolge mit der Menüführung mittels Licht und Schatten. Das Untermenü zur Änderung der Sender befindet sich auf der Vorderseite der linken Menütafel. Durch Schieben nach links wird das Radiomenü aktiviert und der Proband kann mittels Drehen und Drücken das gewünschte Untermenü selektieren. In dem Untermenü kann der gewünschte Sender oder die Frequenz wieder über Drehen und Drücken ausgewählt werden. Durch das Betätigen Menütaste wird der ursprüngliche Zustand der Hauptmenüansicht wieder hergestellt. In allen anderen Aufgabenkategorien erfolgt der Ablauf analog. Einziger Unterschied bildet die Tatsache, dass sich die Menüs an vier verschiedenen Seiten der Interaktionsfläche des 3D iFlip und in zwei Fällen auf der Rückseite von Untermenüs befinden.

Die gleichen Aufgaben werden im zweiten Teil zum Vergleich von listen- und spiralbasierten Lesezeichenmenü durchgeführt. Der Benutzer wählt das Untermenü über ein

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS



Abbildung 7.21: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Radio mit der konventionellen Menüführung.

7.3. Menüführung durch Licht und Schatten



Abbildung 7.22: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Radio mit der Menüführung durch Licht und Schatten.

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS



Abbildung 7.23: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Radio mit dem listenbasierten Lesezeichenmenü.



(a)



(b)



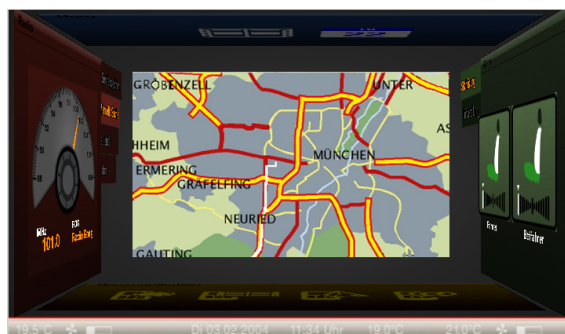
(c)



(d)



(e)



(f)

Abbildung 7.24: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Radio mit dem spiralsbasierten Lesezeichenmenü.

Favoritenmenü, das zwischen einer listenförmigen und einer spiralbasierten Präsentation variiert wird. Der Ablauf mit dem Listenmenü wird in Abbildung 7.23 gezeigt, der der Spirale in Abbildung 7.24. Der Nutzer aktiviert das Favoritenmenü über die Lesezeichentaste. Abhängig von der Systemvariante wird die Spirale überblendet oder die Liste von oben eingefahren. Durch Drehen und Drücken selektiert der Benutzer das Lesezeichen mit dem instruierten Untermenü. Danach erfolgt der restliche Ablauf analog zu der Aufgabenlösung in der Menüführungsvariante. Im Gegensatz zu der Aufgabenlösung über die Menüführung unterscheiden sich die Bedienwege zwischen den einzelnen Aufgabenkategorien nicht.

Aufgrund der Ähnlichkeiten in den Bedienwegen werden bei den restlichen Aufgabenkategorien lediglich die Positionen im Menü und die einzelnen Instruktionen vorgestellt.

7.3.2.2. Aufgabenkategorie Klang

Die Versuchspersonen sollen die der Klangeinstellungen verändern. Das zugehörige Menü befindet sich auf der Rückseite der linken Menütafel.

1. Stellen Sie die Bässe zwei Stufen nach rechts und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
2. Stellen Sie den Fader zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

7.3.2.3. Aufgabenkategorie Karte

Eine Änderung der Optionen zur Navigation wird in dieser Aufgabenkategorie instruiert. Die Einstellungen können auf der Rückseite des Zentralmenüs variiert werden.

1. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „Pfeilansicht“ und wechseln sie zurück ins Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Sprachhinweise zur Navigation aus und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

7.3.2.4. Aufgabenkategorie Klima

Die Versuchspersonen sollen die Klimaeinstellungen anpassen. Die Klimaeinstellungen befinden sich auf der Vorderseite der rechten Menütafel.

1. Stellen Sie die Luftverteilung „oben“ um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Luftverteilung „unten“ um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

7.3.3. Versuchsdurchführung

7.3.3.1. Versuchsaufbau

Das *Usability Lab* der *BMW Forschung und Technik GmbH* diente als Versuchsumgebung. An einem Tischaufbau, bestehend aus einem Monitor, auf dem die Bedienoberfläche angezeigt wurde und einer Mittelarmlehne mit einem BMW iDrive Controller, wurde die Versuchsperson platziert. Die Bedienzeiten der Versuchspersonen wurden manuell erfasst.

7.3.3.2. Versuchspersonen

An dem Versuch nahmen 12 Probanden mit einem Altersdurchschnitt von 32,58 Jahren teil. Drei der Versuchspersonen waren weiblich. In dem Versuch sollte Rückmeldung von MMI-Experten und unbedarften Anwendern eingeholt werden. Die Stichprobe setzte sich dementsprechend ausgewogen aus Mitarbeitern der Abteilung Mensch Maschine Interaktion und aus Fremdkräften zusammen.

7.3.3.3. Ablauf

Der Versuchsablauf gliedert sich in zwei große Blöcke und kann Abbildung 7.25 entnommen werden.

Nachdem die Versuchsperson vor der Simulation Platz genommen und einen demographischen Fragebogen ausgefüllt hat, beginnt der interaktive Part des Versuchs.

Der erste Block vergleicht die Menüführung durch Licht und Schatten mit dem konventionellen 3D iFlip. Nach einer Einführung in das erste Konzept, wird dem Probanden Gelegenheit zur Exploration des Systems gegeben. Die Versuchspersonen führen alle Aufgaben zur Eingewöhnung ohne Zeitmessung aus und im Anschluss daran beginnt die Aufzeichnung der Bedienzeiten. Um den subjektiven Soforteindruck des Systems festzuhalten wird ein AttrakDiff ausgefüllt. Mit dem zweiten System wird nach dem gleichen Verfahren vorgegangen. Um Reihenfolgeeffekte auszuschließen, wird die Systemsequenz nach der Hälfte der Versuchspersonen getauscht. Abschließend füllen die Versuchspersonen einen vergleichenden Fragebogen aus. Die Fragebögen könne dem Anhang entnommen werden.

Im zweiten Block wird die spiralbasierte Anzeige von Lesezeichen gegen eine listenbasierte Darstellung getestet. Der Ablauf erfolgt analog zu der Durchführung des ersten Blocks mit den gleichen Aufgaben. Als einzigen Unterschied füllen die Versuchspersonen ergänzend zum AttrakDiff einen SUS zur Erfassung des subjektiven Empfinden der Gebrauchstauglichkeit aus.

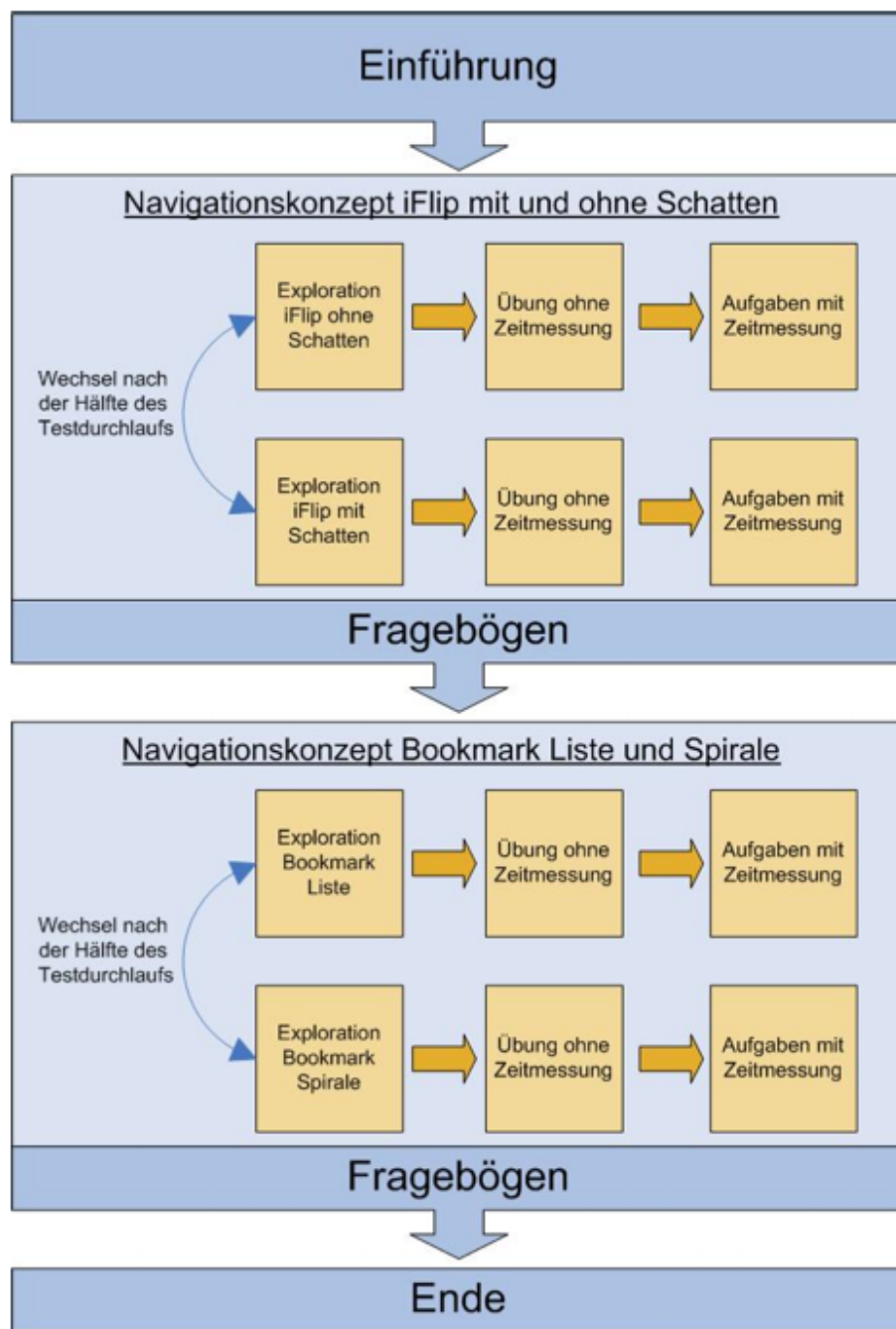


Abbildung 7.25: Versuchsablauf zum Vergleich von Licht und Schatten zur Menüführung zu konventionellen Konzepten und von spiralbasierten 3D Interaktionskonzepten zu textbasierten 2D Interaktionskonzepten.

7.3.4. Ergebnisse zur Menüführung

Bei der Durchführung des Versuchs werden als objektive Daten die Bedienzeiten per Stoppuhr genommen. Nachdem keine weiteren objektiven Daten aufgezeichnet wurden und Fragen hinsichtlich der Attraktivität im Vordergrund stehen, sind in diesem Versuch die subjektiven Daten von großer Bedeutung. Für die beiden Systemvergleiche werden jeweils durch den AttrakDiff sowie einem vergleichenden Fragebogen subjektive Daten erhoben. Zusätzlich bekunden die Versuchspersonen ihre Meinung zur Gebrauchstauglichkeit der Lesezeichendarstellung in einem SUS.

7.3.4.1. Vorgehensweise bei der Auswertung

Zur Ergebnisdarstellung werden die zwei Aufgabentypvariationen jeweils zu ihrem übergeordneten Aufgabentypen zusammengefasst. Es werden demnach vier Aufgabentypen, die jeweils in dem konventionellen und in dem beleuchteten Menü oder mit der Spirale und der textbasierten Liste durchgeführt wurden, betrachtet. Zwischen den Vergleichswerten variieren die Faktoren System und Aufgabenausprägung. Demnach wird eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt.

Zur Ermittlung der Signifikanzen für die einzelnen Dimensionen des AttrakDiff und des SUS wird, wie in Abschnitt 7.1.4.1 beschrieben, eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet.

7.3.4.2. Objektive Ergebnisse

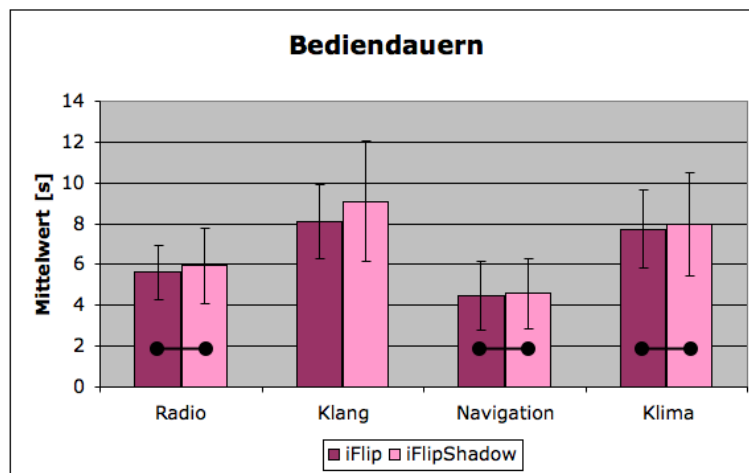


Abbildung 7.26: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern in den Aufgabenkategorien Radio, Klang, Navigation und Klima für die Systeme iFlip und iFlipShadow.

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

Bediendauern								
Aufgabentyp	Sender		Klang		Navigation		Klima	
Variante	Normal	Licht	Normal	Licht	Normal	Licht	Normal	Licht
α -Fehler	0,478		0,184		0,837		0,707	
$F_{(1,11)}$	0,513		1,826		0,043		0,144	
partielles η^2	0,01		0,05		<0,01		<0,01	
Mittlw. [s]	5,61	5,95	8,12	9,10	4,47	4,58	7,74	7,98
Stabw. [s]	1,35	1,85	1,81	2,97	1,66	1,70	1,92	2,51

Tabelle 7.13: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern in den Aufgabenkategorien Radio, Klang, Navigation und Klima für die Systeme iFlip und iFlipShadow.

Durch die Hypothesen können Prognosen über die Versuchsergebnisse aufgestellt werden. Für die Menüführung wird durch Licht und Schatten keine signifikante Differenz in der Effizienz gegenüber dem herkömmlichen 3D iFlip erwartet.

Abbildung 7.26 zeigt eine graphische Aufbereitung der Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzen. In Tabelle 7.13 sind die entsprechenden Werte aufgelistet. Wie prognostiziert kann in drei Aufgabentypen zwischen den beiden Menüführungsvarianten keine signifikante Diskrepanz gefunden werden. Für den Aufgabentyp Klang liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit in keinem statistisch aussagefähigen Bereich. Licht und Schatten haben in drei Fällen keinen Einfluss auf die Effizienz.

7.3.4.3. Subjektive Ergebnisse

Die subjektiven Ergebnisse werden in diesem Fall aus dem AttrakDiff und einem Präferenzfragebogen gewonnen.

AttrakDiff						
	Prag. Qualität		Hedon. Qualität		Attraktivität	
Variante	Normal	Licht	Normal	Licht	Normal	Licht
α -Fehler	0.748		< 0,001		< 0,001	
$F_{(6,11)}, F_{(13,11)}, F_{(6,11)}$	0,104		22,403		17,374	
partielles η^2	<0.01		0,06		0,10	
Mittelwert []	4,39	3,94	3,20	4,37	3,60	4,33
Stabw. []	1,41	1,73	1,23	1,31	0,97	1,39

Tabelle 7.14: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität der Systeme iFlip und iFlipShadow durch die Probanden.

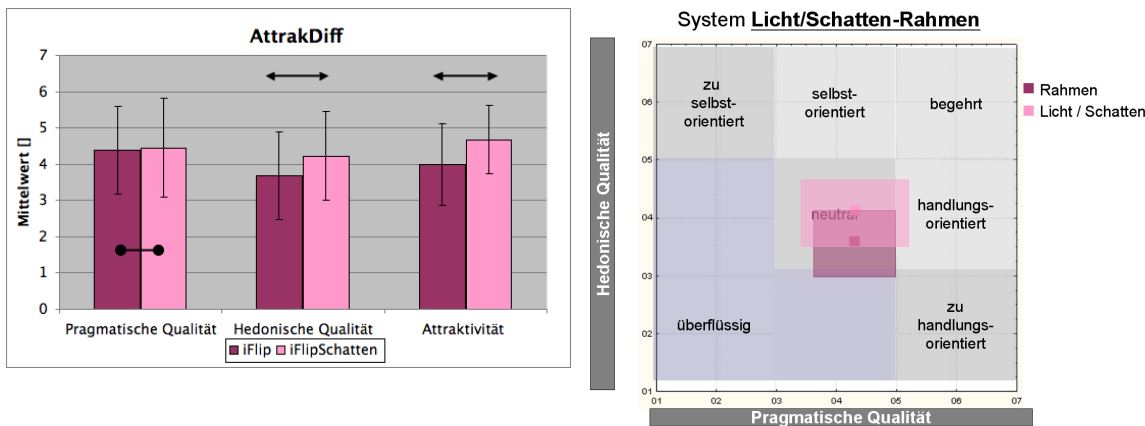


Abbildung 7.27: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität der Systeme iFlip und iFlipShadow durch die Probanden.

Attraktivität Ausgehend von den Hypothesen wird erwartet, dass das Lichtkonzept mit seinen stimmigen Elementen eine höhere emotionale Attraktivität auf den Anwender ausübt. Erwartungswise werden die Systeme in den Kriterien hedonische Qualität und Attraktivität zum Nachteil des konventionellen Konzepts signifikant differieren. Nachdem in der Realisierung kein Unterschied zwischen Funktionalität, Dialogstruktur und grundsätzlicher Anzeige vorliegt, wird sich in der pragmatischen Qualität vermutlich kein Unterschied zeigen.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung des AttrakDiff sind Abbildung 7.27 und Tabelle 7.14 zu entnehmen. Die Prognosen werden in jeder Hinsicht erfüllt, die pragmatische Qualität unterscheidet sich im Gegensatz zu hedonischer Qualität und Attraktivität nicht signifikant zwischen den Menüführungsvarianten. Die Menüführung mittels Licht und Schatten befriedigt die Bedürfnisse der Anwender hinsichtlich Gefallen signifikant mit einer mittleren Effektstärke mehr als das konventionelle Konzept.

Für die subjektiven Präferenzen wird basierend auf den Hypothesen angenommen, dass sich der Großteil der Probanden bezüglich der Fokusdarstellung der Kontrollkästchenanzeige, des Vergnügens und im Ganzen für das Licht und Schatten Konzept entscheiden werden. Die Ergebniszusammenfassung in Abbildung 7.28 zeigt, dass sich alle Versuchspersonen hinsichtlich des Fokus, der Attraktivität und generell für das Licht und Schatten Konzept entscheiden. Das Ergebnis spiegelt eine außergewöhnlich hohe Zustimmung aller Probanden wieder. Subjektive Präferenzen für das Gefallen eines Konzepts sind in hohem Maße abhängig von individuellen Vorstellungen. Zwei Drittel der Versuchspersonen entscheiden sich für das Glühbirnenkonzept. Zwar haben alle verstanden, dass ein gelb leuchtendes Lämpchen die Aktivierung einer Funktion bedeutet, dass es sich dabei um eine Glühbirne handelt, haben lediglich vier Personen erkannt.

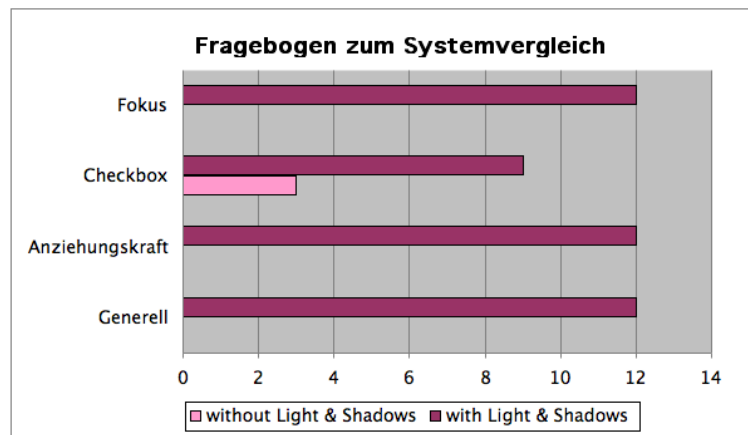


Abbildung 7.28: Bewertung durch die Versuchspersonen welches Systems bezüglich eines Merkmals oder einer Eigenschaft bevorzugt wird.

7.3.5. Ergebnisse zur Darstellung der Lesezeichen

Die Kenngrößen, die bei der Durchführung des Vergleichs zwischen Spiral- und Listenanzeige gewonnen werden, sind analog zu dem vorhergehenden Evaluierungsblock zur Menüführung in Abschnitt 7.3.4. Einzige Ausnahme bildet die zusätzliche Hinzunahme des SUS.

7.3.5.1. Vorgehensweise bei der Auswertung

Die Auswertung erfolgt analog zu dem vorhergehenden Versuchsteil in Abschnitt 7.3.4.1.

7.3.5.2. Objektive Ergebnisse

Basierend auf den Hypothesen wird kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Bedienzeiten erwartet. Die Ergebnisdarstellung der α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen wird in Tabelle 7.15 und in Abbildung 7.29 gezeigt. Für die ersten zwei Aufgaben kann wie erwartet kein statistischer Unterschied nachgewiesen werden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit des Aufgabentyps Navigation fällt in den statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Unerwarteterweise ist die Bediendauer für den Anwendungsfall Klima mit einer hohen Effektstärke signifikant divergent. Das Lesezeichen für das Klimamenü befindet sich in der Lesezeichenreihenfolge ganz hinten. Damit ist es für den Erstanwender schwerer zu erkennen als in der Listendarstellung, die alle Lesezeichen in einer gleichberechtigten Größe anzeigt.

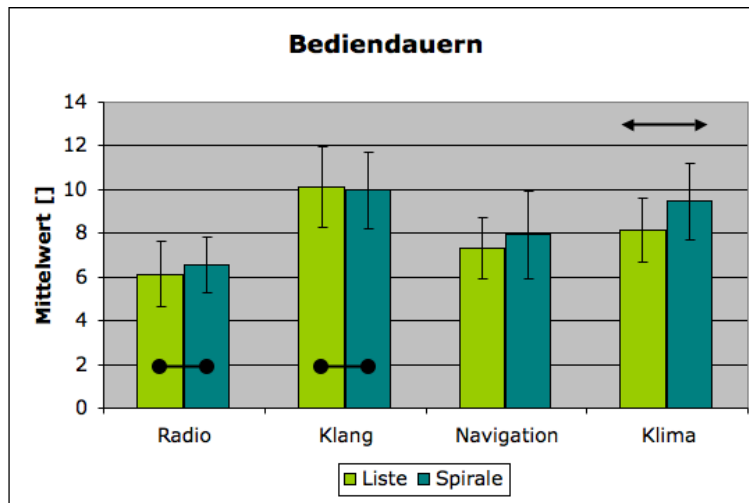


Abbildung 7.29: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern in den Aufgabenkategorien Radio, Klang, Navigation und Klima für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü.

Bediendauern								
	Radio		Klang		Navigation		Klima	
Variante	Liste	Spirale	Liste	Spirale	Liste	Spirale	Liste	Spirale
α -Fehler	0,286		0,794		0,188		0,007	
$F_{(1,11)}$	1,167		0,069		1,789		8,109	
partielles η^2	0,02		<0,01		0,03		0,15	
Mittelwert [s]	6,12	6,53	10,13	9,99	7,33	7,94	8,12	9,46
Stabw. [s]	1,49	1,27	1,84	1,75	1,38	1,99	1,46	1,73

Tabelle 7.15: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern in den Aufgabenkategorien Radio, Klang, Navigation und Klima für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü.

7.3.5.3. Subjektive Ergebnisse

Der SUS, der AttrakDiff und ein Fragebogen bezüglich subjektiver Präferenzen dienen zur Erhebung subjektiver Daten.

Es wird aufgrund der Hypothesen erwartet, dass sich die Darstellungsformen Spirale und Liste in der Gebrauchstauglichkeit nicht unterscheiden. Abbildung 7.30 und Tabelle 7.17 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen sowie α -Fehler für die statistische Auswertung des SUS. Für die Effektivität kann keine statistisch abgesicherte Aussage gemacht werden. Dagegen lässt sich, wie erwartet, für die Effizienz und die Erlernbarkeit keine signifikante Differenz nachweisen.

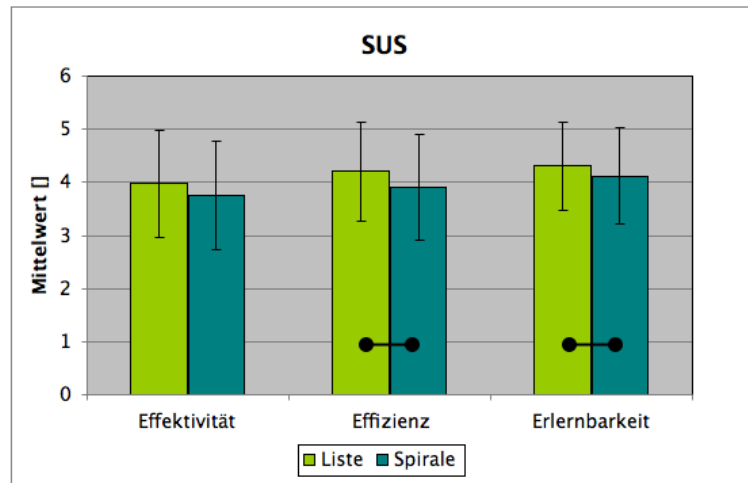


Abbildung 7.30: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü durch die Probanden.

SUS						
	Effektivität		Effizienz		Erlernbarkeit	
Variante	Liste	Spirale	Liste	Spirale	Liste	Spirale
α -Fehler	0,204		0,301		0,284	
$F_{(2,11)}, F_{(3,11)}, F_{(2,11)}$	1,645		1,083		1,166	
partielles η^2	0,02		0,01		0,01	
Mittelwert []	3,92	3,61	3,98	3,81	4,36	4,14
Stabw. []	1,00	1,02	0,94	1,00	0,83	0,90

Tabelle 7.16: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü durch die Probanden.

Bezüglich der Attraktivität sind die Werte aus dem AttrakDiff in Abbildung 7.31 und Tabelle 7.17 aufbereitet. Äquivalent zu der Prognose, dass die Probanden die spiralförmige Anzeige hinsichtlich des Gefallens bevorzugen werden, lässt sich für die hedonische Qualität und Attraktivität ein signifikanter Unterschied mit teilweise hohen Effektstärken zu Gunsten der Spirale nachweisen. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die pragmatische Qualität liegt in einem statistisch nicht aussagekräftigen Bereich.

Die Betrachtung der subjektiven Einschätzungen zeigt kein so eindeutiges Bild wie bei der Menüführung. Abbildung 7.32 bildet die Präferenzen der Probanden hinsichtlich Transparenz, Vergnügen und im Generellen ab. Bezüglich der Transparenz, also Durchschaubarkeit, wird das Listenkonzept von sieben Personen bevorzugt. Die geringe Mehrheit, die sich für das Listenkonzept ausspricht, erachtet die textuelle Darstellung als wichtig für den Überblick. Dieses Bedürfnis hat im Erstkontakt Priorität, da der An-

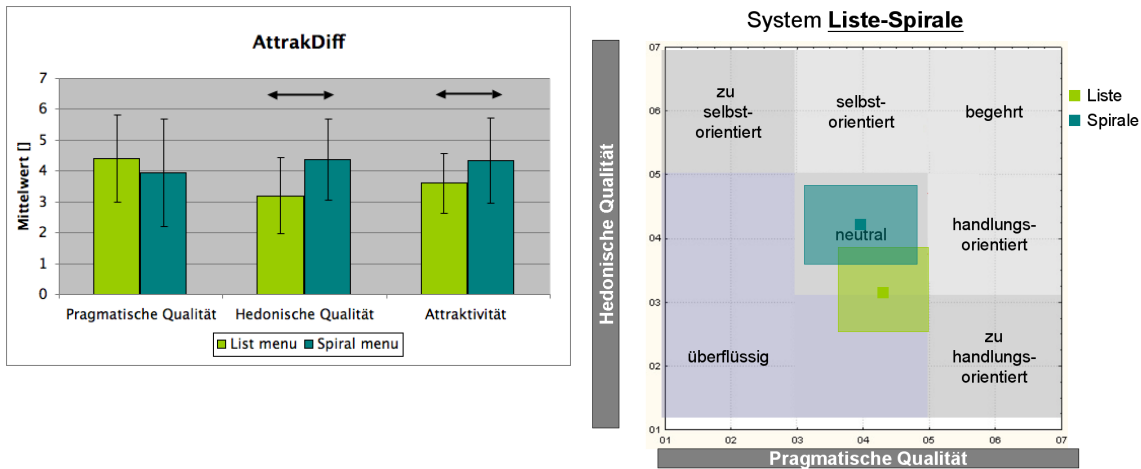


Abbildung 7.31: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü durch die Probanden.

AttrakDiff						
Variante	Prag. Qualität		Hedon. Qualität		Attraktivität	
	Liste	Spirale	Liste	Spirale	Liste	Spirale
α -Fehler	0,061		< 0,001		< 0,001	
$F_{(6,11)}, F_{(13,11)}, F_{(6,11)}$	3,574		77,966		15,813	
partielles η^2	0,02		0,17		0,09	
Mittelwert []	4,39	3,94	3,20	4,37	3,60	4,33
Stabw. []	1,41	1,73	1,23	1,31	0,97	1,39

Tabelle 7.17: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für das spiralbasierte und das listenbasierte Lesezeichenmenü durch die Probanden.

wender mit den Minibildern noch keine Menüfunktionen verbunden hat. Hinsichtlich des Vergnügens kann das Ergebnis des AttrakDiff reproduziert werden und neun der zwölf Teilnehmer entscheiden sich für die Spiralanzeige. Für die generelle Bevorzugung kann, anders als erwartet, keine eindeutige Aussage getätigt werden. Die Hälfte der Probanden favorisiert die Spiraldarstellung, die andere Hälfte das textbasierte Alternativkonzept.

7.3.6. Schlussfolgerungen

Eine Realisierung der Menüführung durch Licht und Schatten hat laut der durchgeführten Evaluation keinen Effekt auf die Gebrauchstauglichkeit, aber einen großen Einfluss auf die Attraktivität.

Im Hinblick auf die Bediendauern konnte kein signifikanter Unterschied gefunden und

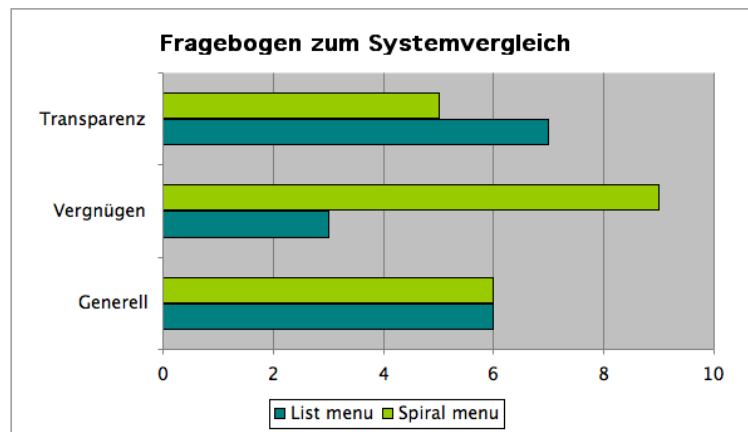


Abbildung 7.32: Bewertung durch die Versuchspersonen welches Systems bezüglich eines Merkmals oder einer Eigenschaft bevorzugt wird.

damit die Richtigkeit der Hypothese Licht_Eff für diesen Anwendungsfall gezeigt werden. Die Ergebnisse des AttrakDiff und der subjektiven Präferenzen haben eindeutig gezeigt, dass die Probanden eine Menüführung mit Licht und Schatten für attraktiver und anziehender halten. Die Hypothese Licht_Attr1, die annimmt, dass durch den gezielten Einsatz von Licht und Schatten als Interaktionselement in einem graphischen Konzept für FIS die Attraktivität erhöht wird, kann bestätigt werden. Dagegen kann die Hypothese Licht_Attr2, nach der die Probanden die Glühbirnendarstellung als Kontrollkästchen bevorzugen werden, nicht eindeutig belegt werden. Zwar hat sich die Mehrheit für die Glühbirne entschieden, doch lediglich ein Drittel der Versuchsteilnehmer konnten das dreidimensionale Objekt als Glühbirne erkennen.

Der Vergleich einer Spiraldarstellung mit einer herkömmlichen textbasierten Anzeige für kurze Listen brachte ebenfalls eine Verbesserung in der Attraktivität und keinen Unterschied in der Gebrauchstauglichkeit. Die Hypothesen Spirale_Eff und Spirale_Attr konnten anhand der statistischen Auswertungen belegt werden.

Zusammenfassend eignen sich Licht und Schatten wie bereits in der Analyse angenommen, um die Attraktivität durch emotionale Stimmungen positiv zu beeinflussen.

7.4. Kartographisches oder listenbasiertes Interaktionskonzept

In Abschnitt 5.5.2 wurde ein kartenbasiertes Konzept zur Darstellung großer Datenmengen vorgestellt. Die momentan gängige Lösung zur Präsentation solcher Daten, ist eine Listenstruktur, die anhand verschiedener Kriterien, meist alphabetisch, sortiert sein kann. Damit wird dem Benutzer ein simples konzeptuelles Modell zur Verfügung gestellt, dass zwar leicht zu erlernen und nachvollziehbar ist, aber besonders bei großen Datenbeständen zu langwierigen Bediensequenzen führen kann. In einem vergleichenden Okklusionsversuch soll untersucht werden, inwieweit sich das Konzept der kartographischen

Darstellungsweise in Effizienz, Erlernbarkeit und Akzeptanz von einem textbasierten Listenkonzept unterscheidet. Des Weiteren soll die Selbsterklärbarkeit und die Unterbrechbarkeit vergleichend evaluiert werden.

Als Referenzsystem wurde der *Apple iPod* als der populärste MP3-Player gewählt, da zum jetzigen Zeitpunkt keine vergleichbaren Systeme für FIS zur Verfügung stehen. Damit wird kein Vergleich der bloßen Darstellung vorgenommen, denn die beiden Systeme unterscheiden sich zusätzlich in Eingabeelement und Displaygröße. Der iPod wird über das sogenannte *Touchwheel* bedient, das aus einem flachen, ca. einen cm breiten, berührungsempfindlichen Ring und einem ebenen, runden Knopf in der Mitte des Rings besteht. Die Freiheitsgrade des Touchwheels sind mit Drehen, Schieben in vier Richtungen und Drücken des mittleren Knopfes analog zu den Freiheitsgraden des iDrive-Controllers und somit vergleichbar. Der Unterschied in der Displaygröße kann durch die Variation des Anzeigebereichs annähernd ausgeglichen werden. Eine detaillierte Beschreibung der vorliegenden Untersuchung kann [140] entnommen werden.

7.4.1. Hypothesen

Anhand der anschließenden Hypothesen sollen Vorhersagen für den Vergleich zwischen Karten- und Listendarstellung getroffen werden. Es soll evaluiert werden, welche Darstellungsart für große Datenmengen in FIS angemessen ist.

Die MusicMap erfordert durch die gleichzeitige Darstellung mehrerer Dimensionen ein größeres Grundverständnis als die eindimensionale Darstellung in Form einer alphabetisch sortierten Liste. Nach einer Eingewöhnung wird vermutlich das räumliche Erinnerungsvermögen und das gleichzeitige Erfassen verschiedener Dimensionen der Daten, eine Bedienung durch die Karte beschleunigen.

Bei der MusicMap müssen keine präzisen Selektionen eines Datenelements vorgenommen werden, da eine unscharfe Suche einen Ausschnitt der Datenmenge eingrenzt. In einem Ausschnitt kann ein Datenelement links, rechts, oben oder unten angezeigt sein und es existiert keine deterministisch vorgegebener Zustand des Ausschnitts.

Die MusicMap spielt mit visuellen Faktoren, bekannten Metaphern aus der Kartographie und weckt mit ihrer ungewöhnlichen Darstellung die Neugier des Benutzers. Durch die verschiedenen Hintergründe und Filter kann die Karte individuell an den Geschmack des Anwenders angepasst werden. Der Nutzer wird zudem gefordert neue Bereiche zu explorieren und bekommt verschiedene Sichten auf sein Archiv.

1. **Hypothese Map_Lern:** Die Lernkurve des iPods fällt flach aus, die Lernkurve der MusicMap dagegen steil.
2. **Hypothese Map_Eff:** Nach einer Eingewöhnungsphase stellt die MusicMap, das effizientere System dar.
3. **Hypothese Map_R:** Die Unterbrechbarkeit der MusicMap ist besser als die Listenbedienung.

4. **Hypothese Map_Attr:** Die Bedienung mit der MusicMap bereitet mehr Vergnügen und hat eine höhere Attraktivität als die nüchterne Listendarstellung.

Zusammenfassend wird angenommen, dass die kartographische Darstellung nach einer Eingewöhnungsphase das anziehendere und gebrauchstauglichere Interaktionskonzept für große Datenmengen ist.

7.4.2. Aufgaben

An die Versuchsaufgaben, mit deren Hilfe die aufgelisteten Hypothesen überprüft werden sollen, werden Anforderungen gestellt. Die Aufgaben müssen auf die entsprechenden Annahmen ausgelegt sein. Des Weiteren muss jede Aufgabe mit beiden Systemen durchführbar sein, um einen Vergleich der Systeme zuzulassen. Aufgrund der verschiedenen Dialogstrukturen können die Aufgabenvariationen nicht für beide Systeme mit exakt gleichen Bedienschritten gewählt werden. Damit keines der beiden Systeme bevorzugt wird, werden Aufgaben ausgewählt, die in beiden Systemen verschiedenen Schwierigkeitsstufen entsprechen. Die Versuchspersonen sollen die Aufgaben als realitätsnah empfinden. Letztlich soll die Aufgabe mittels eines Dreh-Drückstellers durchführbar sein.

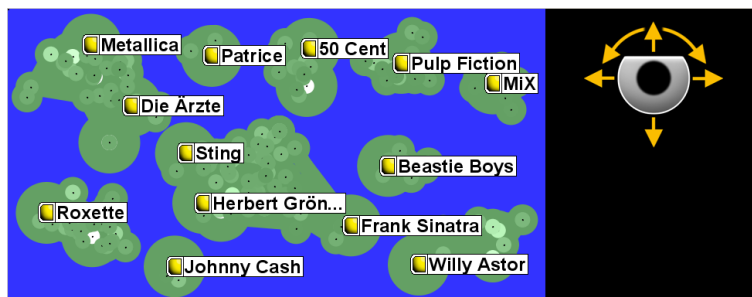
Nach dem Standardverfahren [65] üben die Versuchspersonen zu zwei verschiedenen Aufgabenkategorien jeweils fünf Varianten aus. Jede Versuchsperson führt alle Versuchsaufgaben mit jedem System einmal im Training, einmal okkludiert und einmal ohne Einschränkungen durch. Auf eine Permutation der Aufgabenreihenfolge wird in diesem Versuchsszenario bewusst verzichtet. Die Lernkurve ist für die Evaluierung der beiden Systeme von Interesse.

7.4.2.1. Aufgabenkategorie Interpret

Die Versuchspersonen sollen mit dem jeweiligen System einen Interpreten aus der Datenmenge auswählen. Jede Versuchsperson löst die folgenden Variationen der Aufgabe mit beiden Systemen:

1. Finden Sie den Interpreten Oasis.
2. Finden Sie die Band Red Hot Chili Peppers.
3. Finden Sie den Buchautor Ken Follet.
4. Finden Sie den Soundtrack zu Eiskalte Engel.
5. Finden Sie die Band Queen.

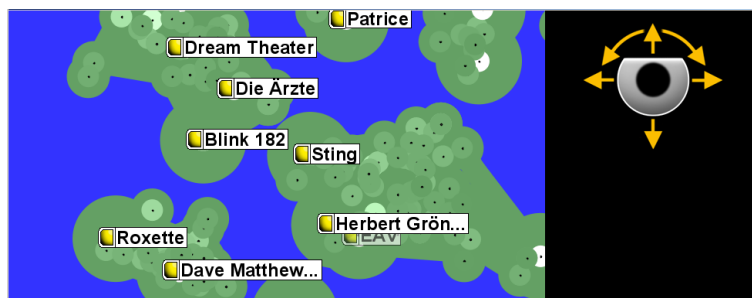
Für die MusicMap muss ein Kartenbereich gefunden werden, in dem der Künstler angezeigt wird, beim iPod der Cursor auf den entsprechenden Interpreten bewegt werden.



(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 7.33: Exemplarischer Ablauf zum Auffinden des Interpreten Oasis mit der MusicMap.



Abbildung 7.34: Exemplarischer Ablauf zum Auffinden des Interpreten Oasis mit dem iPod.

Anhand dieses Aufgabentyps soll das Erstellen des mentalen Modells sowie die Effizienz überprüft werden.

Abbildung 7.33 zeigt die Bedienschritte mit dem Konzept MusicMap anhand der ersten Aufgabenvariation. Der Proband muss solange über Drehen des Bedienelements zoomen und über Schieben des Bedienelements den Kartenausschnitt verändern, bis der Interpret Oasis angezeigt wird. Es gibt mehrere Möglichkeiten den Interpreten auf der Karte zu finden.

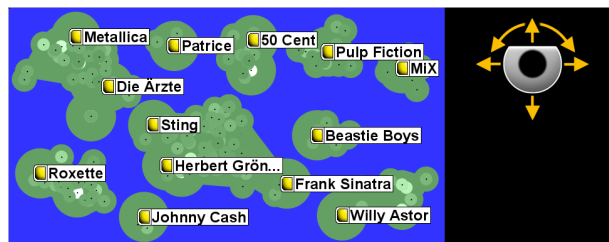
Der Lösungsweg mit dem iPod ist in Abbildung 7.34 dargestellt. Der Proband navigiert durch eine listenbasierte Hierarchie. Als erstes muss „Musik“, dann „Interpreten“ ausgewählt werden. Anschließend muss die lange Liste so lange gescrollt werden, bis der Zielinterpret gefunden wird.

7.4.2.2. Aufgabenkategorie Playliste

Der Versuchsleiter beauftragt die Versuchspersonen eine Playliste in dem System iPod bzw. einen Filter in dem System MusicMap auszuwählen. Die folgenden fünf Varianten werden gestellt:

1. Spielen Sie eine Playliste der häufig gehörten Titel.
2. Spielen Sie eine Playliste aller Songs aus den 80er Jahren.

7.4. Kartographisches oder listenbasiertes Interaktionskonzept



(a)



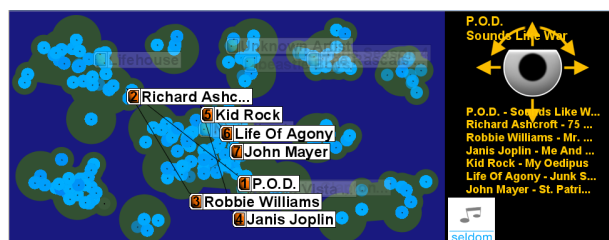
(b)



(c)



(d)



(e)

Abbildung 7.35: Exemplarischer Ablauf zu der Wahl einer Playliste der häufig gehörten Titel mit der MusicMap.



Abbildung 7.36: Exemplarischer Ablauf zu der Wahl einer Playlist der häufig gehörten Titel mit dem iPod.

3. Spielen Sie eine Playliste aller Songs aus den 90er Jahren.
4. Spielen Sie eine Playliste aller Songs von 2000 bis heute.
5. Spielen Sie eine Playliste der selten gehörten Titel.

In Abbildung 7.35 wird exemplarisch der Ablauf in dem System MusicMap anhand der ersten Variation dargestellt. Die Versuchsperson toggelt sich mithilfe der Filtertaste durch die Filteroptionen. Sobald der Zielfilter aktiv ist, wird durch Drücken des ZBEs eine zufällige Playliste erzeugt.

Da der iPod nicht über das Konzept verfügt, aus einem eingeschränkten Datenbereich eine Zufallsplayliste zu erzeugen, wurden behelfsmäßig Playlisten erstellt. Der Proband navigiert ähnlich zur ersten Aufgabenkategorie durch die Listenhierarchie, aber in diesem Fall durch die Menüpunkte „Playlisten“ und wählt die gewünschte Playliste durch Drücken des mittleren Knopfes aus. Der Ablauf ist Abbildung 7.36 zu entnehmen.

7.4.3. Versuchsdurchführung

7.4.3.1. Versuchsaufbau

Die Untersuchung findet im Usability Labor der *BMW Forschung und Technik* statt und besteht aus einem Tischaufbau, der in Abbildung 7.37 dargestellt ist. Dabei wird der

rechte Computer zur Ausführung und Aufzeichnung der Okklusionsmethodik verwendet. Der Laptop dient zur Interaktion mit der MusicMap, die über den linken Monitor angezeigt und über den iDrive Controller gesteuert wird. Der iPod wird zur Steuerung in die Hand der Versuchspersonen genommen, damit kann die Displaydifferenz verkleinert werden.



Abbildung 7.37: Versuchsaufbau zur vergleichenden Untersuchung mittels eines Okklusionstests im Usability Labor der BMW Forschung GmbH

Der Datenstand beider Systeme ist nahezu identisch: auf dem iPod befinden sich 30 GB an Musikdaten und in der MusicMap 37 GB.

7.4.3.2. Versuchspersonen

Es nahmen 12 Versuchspersonen im Alter von 24 bis 48 Jahren teil, dabei belief sich der Altersdurchschnitt auf 33,5 Jahre. Sechs der Versuchspersonen waren männlich. Eine heterogene Zusammensetzung hinsichtlich Geschlecht und Fachgebiet soll einen angemessenen Autofahrerquerschnitt repräsentieren.

7.4.3.3. Ablauf

Der gesamte Ablauf des Versuchs entspricht den Vorgaben der standardisierten Okklusionsmethode [65] und ist in Abbildung 7.38 dargestellt.

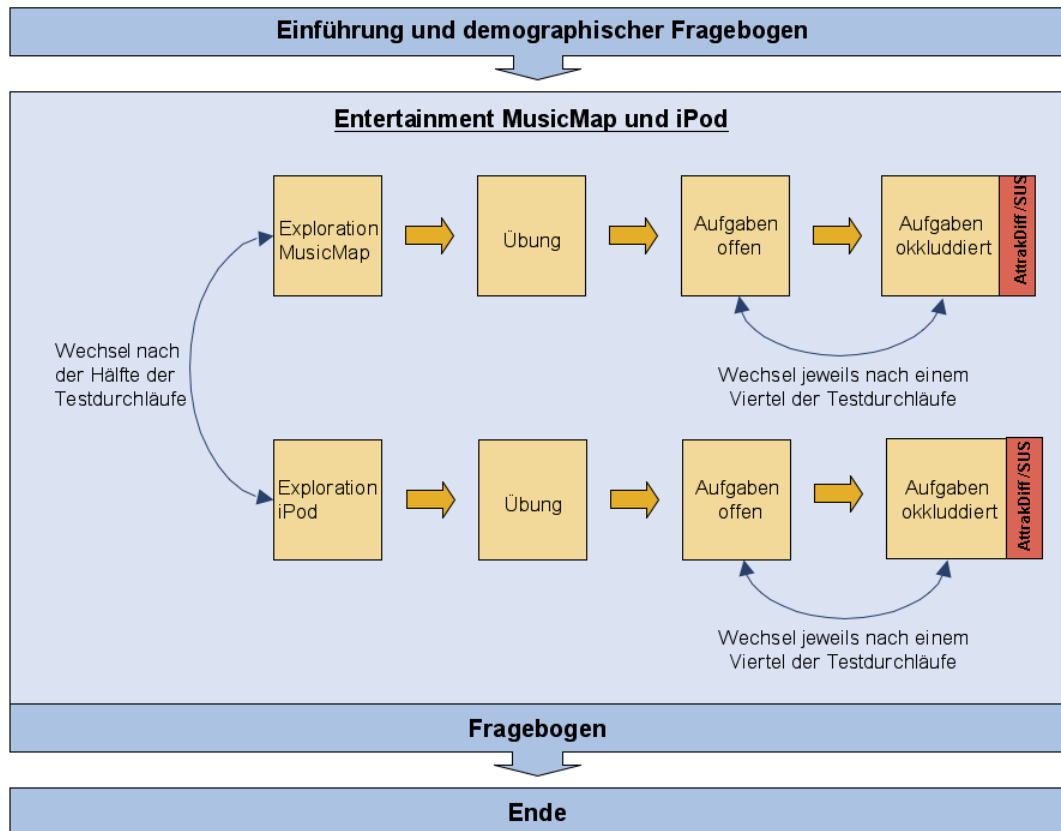


Abbildung 7.38: Versuchsablauf zum Vergleich der kartographischen Anzeige der MusicMap mit dem listenbasierten iPod in einem Okklusionsversuch.

Die Versuchsperson nimmt nach der Begrüßung auf dem roten Stuhl Platz und füllt einen demographischen sowie auf das Musikwissen bezogenen Fragebogen aus. Anschließend wird das erste System mithilfe eines Trainingsdurchgangs, in dem alle Versuchsaufgaben durchgeführt wurden, vertraut gemacht. Danach führen die Probanden, wie es im Standardvorgehen nach [65] gefordert wird, einmal die Versuchsaufgaben mit Okklusion und einmal ohne Okklusion durch. Das Ausfüllen der Standardfragebögen SUS und AttrakDiff rundet den ersten Systemdurchgang ab, der im Anschluß ebenso mit dem zweiten System durchgeführt wird. Die Reihenfolge der Systeme sowie die Reihenfolge des okkludierten bzw. unokkludierten Durchgangs wird ausgewogen variiert um Reihenfolgeeffekte zu verhindern. Die Aufgabenreihenfolge bleibt dagegen bei den einzelnen Durchgängen sowie bei allen Versuchspersonen gleich, um die Erlernbarkeit untersuchen zu können. Die zugehörigen Fragebögen finden sich im Anhang der vorliegenden Arbeit.

7.4.4. Ergebnisse

Aus den angewandten Methoden werden Kenngrößen gewonnen, die eine vergleichende Bewertung der Darstellungsformen ermöglichen. Als objektive Daten werden die Bearbeitungsdauern und der Unterbrechbarkeitsquotient durch die Okklusionsmethode ermittelt. Nachdem die Aufgabenreihenfolge bei allen Versuchspersonen gleich bleibt, kann eine Lernkurve berechnet werden.

Für eine umfassende Bewertung werden die objektiven Kenngrößen durch subjektive Datenerhebungen vervollständigt. Kriterien der Gebrauchstauglichkeit werden durch den SUS, Bewertungen der Attraktivität durch den AttrakDiff erfasst. Letztlich werden subjektive Präferenzen und konzeptuelle Bewertungen zu Attributen der MusicMap mit einem Fragebogen festgestellt.

7.4.4.1. Vorgehensweise bei der Auswertung

Bei einem Okklusionsversuch sind fünf Aufgabenvariationen pro Aufgabentyp vorgegeben. Die Signifikanzen zwischen den beiden Systemen werden pro Aufgabenvariation per t-Test für abhängige Stichproben ermittelt.

Für die subjektiven Daten wird für den SUS und den AttrakDiff wie in den vorangegangenen Experimenten eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt.

7.4.4.2. Objektive Ergebnisse

Entsprechend den Hypothesen wird sich die höhere Effizienz der Listen in den kürzeren Bediendauern der Trainingsdurchgänge zeigen. Nach der Eingewöhnungsphase wird die Listenanzeige vermutlich längere Bediendauern in den okkludierten und nicht okkludierten Durchgängen erfordern. Des Weiteren wird angenommen, dass sich bessere Unterbrechbarkeit der MusicMap durch einen geringeren Unterbrechbarkeitsquotienten ergibt.

Aufgabentyp 1: Abbildung 7.39 und Tabelle 7.18 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Trainingsdurchgänge.

Bezüglich der Effizienz zeigt sich der iPod für die erste Aufgabenausführung, wie angenommen, signifikant schneller. Für drei der folgenden Versuchsaufgaben kann keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Wider Erwarten wird für Versuchsaufgabe vier eine Irrtumswahrscheinlichkeit über der Grenze von 0,25 festgestellt. Zwischen den beiden Aufgaben herrscht kein signifikanter Unterschied.

In den ersten vier Wiederholungen zeigt sich für die MusicMap eine Lernkurve, indem die Bedienzeiten pro Aufgabenausführung kontinuierlich abnehmen. Lediglich die letzte Aufgabenausführung erfordert eine lange Bearbeitungsdauer, allerdings mit einer äußerst geringen Standardabweichung. Die Versuchsaufgabe unterscheidet sich in ihrer

Komplexität von den anderen Aufgaben, da der gesuchte Interpret *Queen* auf einer tiefen Ebene liegt und schwer zu finden ist. Die geringe Standardabweichung deutet darauf hin, dass die Probanden bereits ein mentales Modell der Karte aufgebaut haben.

Die Mittelwerte des iPod dagegen zeigen wie erwartet eine geringe bzw. keine Lernkurve. Das liegt vermutlich am Bekanntheitsgrad des iPods und seiner Bedienphilosophie sowie an der einfachen, linearen Strukturierung.

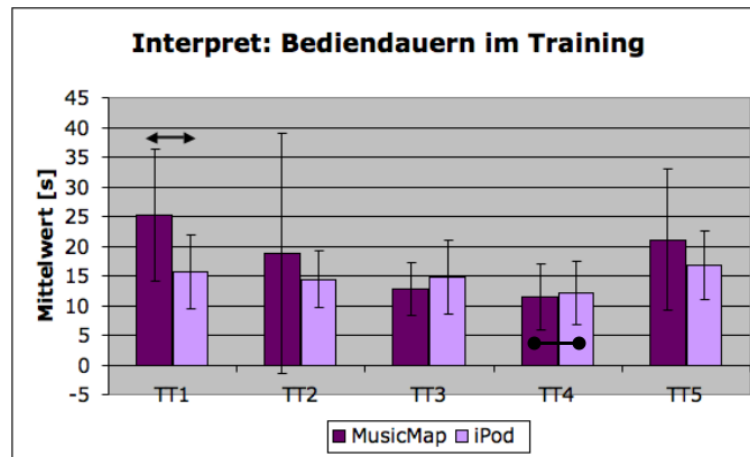


Abbildung 7.39: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern im Training für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

Interpret: Bediendauern im Training										
	1		2		3		4		5	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	0,023		0,220		0,214		0,359		0,150	
Mittelwert [s]	25,20	15,70	18,87	14,42	12,75	14,77	11,43	12,10	21,10	16,04
Stabw. [s]	11,09	6,19	20,22	4,71	4,45	6,17	5,56	5,28	1,18	5,82

Tabelle 7.18: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern im Training für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

Die in Abbildung 7.40 und in Tabelle 7.19 dargestellten Werte zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern ohne Okklusion. In ersten vier Versuchsaufgaben unterscheiden sich die Bearbeitungsdauern signifikant und die MusicMap schneidet, wie prognostiziert, als das bessere System ab. Die letzte Aufgabe weist anders als angenommen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Darstellungsarten auf, ist aber, wie oben bereits erwähnt, eine äußerst komplexe Aufgabe in der MusicMap.

Die zweite Aufgabenwiederholung der MusicMap sticht mit seiner kurzen Bedienzeit und der geringen Standardabweichung heraus. Der gesuchte Interpret, die Band *Red Hot Chili Peppers*, liegt zentral in der Musiklandschaft. Das räumliche Erinnerungsvermögen unterstützt die Versuchspersonen optimal diese Band wieder zu finden.

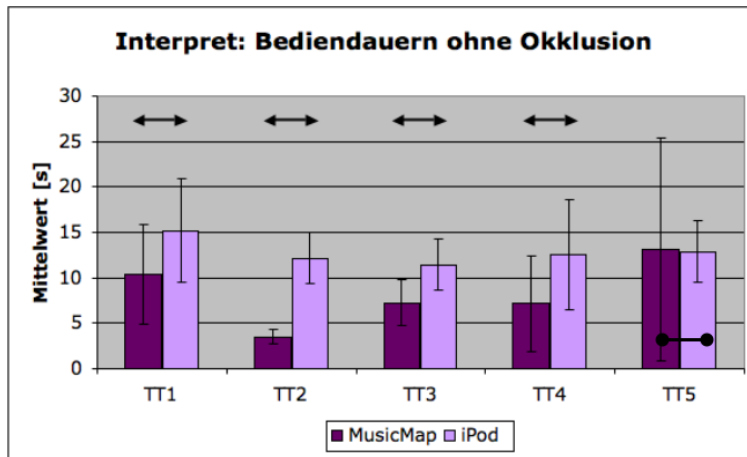


Abbildung 7.40: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern ohne Okklusion für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

Interpret: Bediendauern ohne Okklusion										
	1		2		3		4		5	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	0,029		< 0,001		< 0,001		0,029		0,475	
Mittelwert [s]	10,42	15,20	3,526	12,19	7,28	11,43	7,06	12,49	13,12	12,88
Stabw. [s]	5,48	5,72	0,88	2,75	2,57	2,82	5,26	6,05	12,20	3,43

Tabelle 7.19: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern ohne Okklusion für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

Die für die MusicMap erwartete Lernkurve stellt sich nicht ein. Gemäß der Prognose liegen die Bearbeitungsdauern für den iPod eng beieinander.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern unter Okklusion für den Aufgabentyp Interpret sind in Abbildung 7.41 und Tabelle 7.20 angetragen. Die MusicMap schneidet bei der Effizienz in vier der fünf Aufgabenwiederholungen signifikant besser ab als der iPod und bestätigt die aufgestellte Hypothese Map_Eff. Selbst die für die MusicMap komplexe, fünfte Aufgabenwiederholung ist unter Okklusionsbedingungen signifikant schneller. Die Ergebnisse für die dritte Versuchsaufgabe liegen im nichtaussagekräftigen Bereich.

Nachdem die Probanden alle Aufgaben mit den Systemen dreimal (Training, okkludiert und nicht okkludiert) durchlaufen, kam die Idee auf, die Erlernbarkeit bezüglich dieser Durchläufe zu vergleichen. Bei der Bedienung unter Okklusionsbedingungen üben die Probanden den Umgang mit dem System ebenfalls, aber unter erschwerten Umständen.

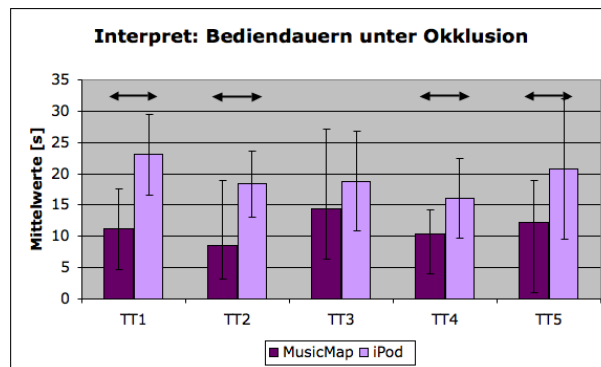


Abbildung 7.41: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern während der Okklusion für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

Interpret: Bediendauern unter Okklusion										
	1		2		3		4		5	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	< 0,001		0,001		0,058		0,006		0,014	
Mittelwert [s]	11,14	23,04	8,46	18,35	14,42	18,80	10,32	16,06	12,17	20,75
Stabw. [s]	6,38	6,51	10,38	5,35	12,75	7,99	3,90	6,35	6,71	11,19

Tabelle 7.20: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern während der Okklusion für den Aufgabentyp Interpret für die Darstellungsformen Map und iPod.

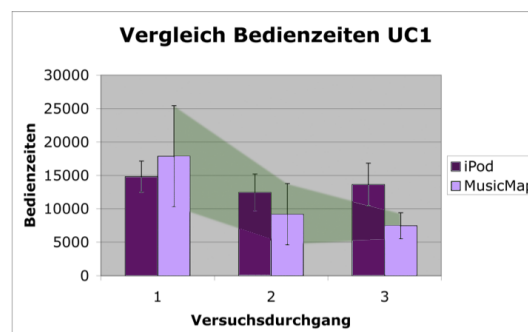


Abbildung 7.42: Lernkurve über die gemittelten Aufgabenzeiten in den drei Versuchsdurchgängen.

Damit wird in Abbildung 7.42 bei der ersten Durchführung der Mittelwert über die Trainingszeiten gebildet, bei dem zweiten Durchgang nur die Gruppe mit der unokkludierten Variante berücksichtigt und beim dritten Durchgang lediglich die Gruppe die als zweites den unokkludierten Durchgang absolvierte. Für die MusicMap lässt sich eine deutlich Lernkurve erkennen, die sich nicht nur in der Reduktion der Bedienzeiten, sondern zusätzlich in der Reduktion der Standardabweichungen niederschlägt.

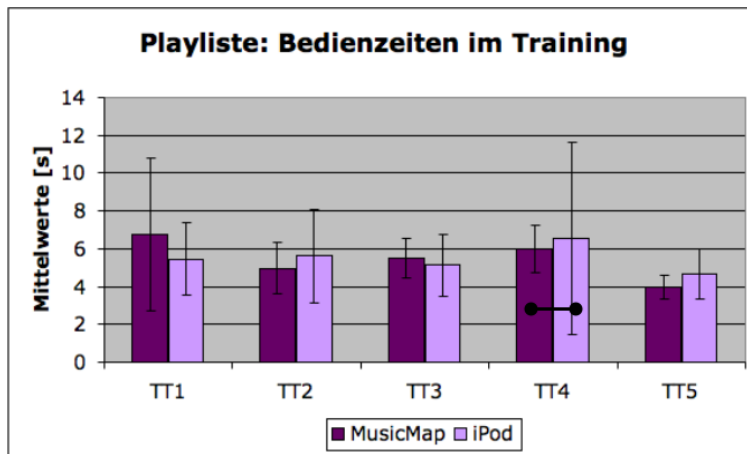


Abbildung 7.43: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern im Training für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

Playliste: Bediendauern im Training											
	1		2		3		4		5		
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	
α -Fehler	0,180		0,230		0,226		0,355		0,090		
Mittelwert [s]	6,76	5,47	4,97	5,61	5,51	5,14	5,96	6,54	3,97	4,64	
Stabw. [s]	4,07	1,92	1,37	2,45	1,07	1,62	1,25	5,08	0,63	1,34	

Tabelle 7.21: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern im Training für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

Aufgabentyp 2: Für den Aufgabentyp Playliste lassen sich in der Eingewöhnungsphase für vier Versuchsaufgaben keine signifikant abgesicherten Aussagen treffen, siehe Abbildung 7.43 und Tabelle 7.21. In Versuchsaufgabe vier lassen sich, anders als angenommen, keine signifikanten Unterschiede erkennen. Die Probanden müssen sich erst an das Konzept der Filter in der MusicMap und den voreingestellten Playlisten im iPod gewöhnen. Bezüglich der Mittelwerte ist bei der MusicMap entgegen den Prognosen kein Lerneffekt erkennbar. Die Standardabweichungen dagegen werden im Laufe der Zeit immer geringer.

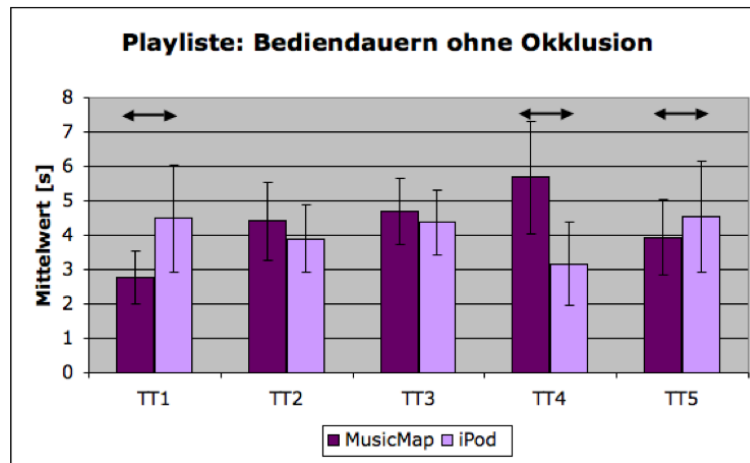


Abbildung 7.44: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern ohne Okklusion für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

Playliste: Bediendauern ohne Okklusion										
	1		2		3		4		5	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	< 0,001		0,101		0,217		< 0,001		0,048	
Mittelwert [s]	2,76	4,493	4,41	3,90	4,69	4,37	5,68	3,16	3,94	4,55
Stabw. [s]	0,78	1,56	1,12	0,98	0,95	0,93	1,63	1,22	1,11	1,61

Tabelle 7.22: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern ohne Okklusion für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

In Abbildung 7.44 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Bearbeitungsdauern für die Aufgabe Playliste ohne Okklusion graphisch angetragen. Tabelle 7.22 zeigt die zugehörigen Werte. Für den nicht okkludierten Durchgang schneidet zweimal die MusicMap (erste und letzte Aufgabenwiederholung) signifikant besser ab, einmal der iPod (vierte Aufgabenwiederholung). Für die restlichen Aufgabenwiederholungen lässt sich keine statistisch abgesicherte Aussage machen. Die Annahme, dass die MusicMap kürzere Bearbeitungsdauern nach einer Eingewöhnungszeit erfordert, werden nur bedingt bestätigt. Die Art der Aufgabe scheint einen zusätzlichen Einfluss auf die beiden Systeme zu nehmen. Bezüglich Lerneffekten können keine Aussagen getroffen werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bearbeitungsdauern während der Okklusion im Aufgabentyp Playliste sind in Abbildung 7.45 graphisch angetragen und in Tabelle 7.23 aufgelistet. Die Betrachtung der Abbildung 7.45 zeigt, dass die MusicMap im okkludierten Durchgang in der Tendenz in allen Aufgabenwiederholungen effizienter ist als der iPod. Allerdings wird der Unterschied lediglich in der ersten und letzten Aufgabenausführung signifikant.

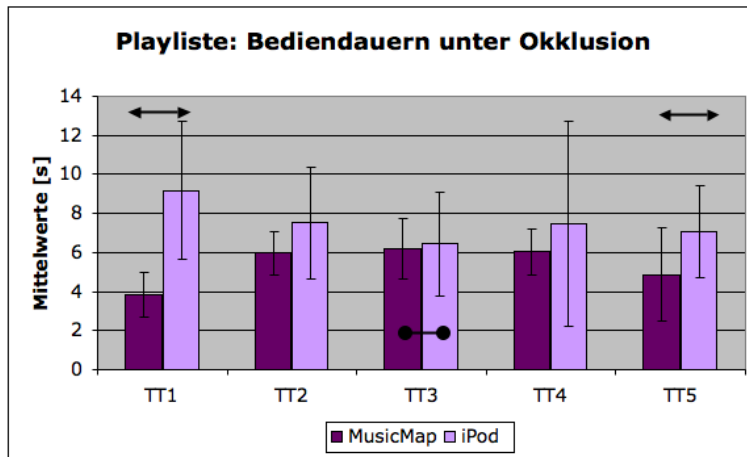


Abbildung 7.45: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern während der Okklusion für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

Playliste: Bediendauern unter Okklusion										
	1		2		3		4		5	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	< 0,001		0,079		0,383		0,195		0,013	
Mittelwert [s]	3,86	9,18	5,98	7,51	6,19	6,44	6,03	7,50	4,87	7,07
Stabw. [s]	1,13	3,55	1,10	2,88	1,52	2,66	1,16	5,25	2,37	2,24

Tabelle 7.23: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bearbeitungsdauern während der Okklusion für den Aufgabentyp Playliste für die Darstellungsformen Map und iPod.

Der Unterbrechbarkeitsquotient R Der R-Quotient (TSOT/TTTstatic) ist laut [26] der Indikator für die Unterbrechbarkeit einer Aufgabe mit einem System. Abbildung 7.46 stellt das 85. Perzentil für den Unterbrechbarkeitsquotienten R für alle Versuchsaufgaben in den Systemen Map und iPod dar. Es lässt sich entgegen der Annahmen in Hypothese Map_R kein Unterschied zwischen den beiden Systemen feststellen. Beide Systeme liegen über dem von der ISO festgeschriebenen Wert 1. Demnach sind beide Konzepte für eine Bedienung während der Fahrt ungeeignet.

Die Ergebnisse des Unterbrechbarkeitsquotienten für die MusicMap überraschen. Gemäß der Konzeption und den Aussagen der Versuchspersonen wurde ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der MusicMap und ein Wert innerhalb der unterhalb der vorgegebenen Grenze erwartet.

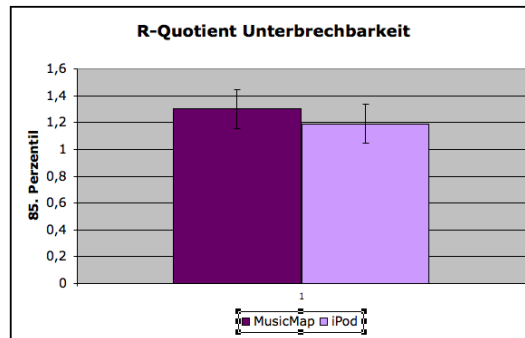


Abbildung 7.46: Mittelwerte und Standardabweichungen des Unterbrechbarkeitsquotienten für alle Versuchsaufgaben in den Systemen Map und iPod.

7.4.4.3. Subjektive Ergebnisse

Die subjektiven Ergebnisse wurden bei diesem Versuch aus dem SUS und dem AttrakDiff gewonnen, die jeweils nach der Bedienung des jeweiligen Systems beantwortet wurden. Ein vergleichender Fragebogen rundet die Erhebung der subjektiven Ergebnisse ab.

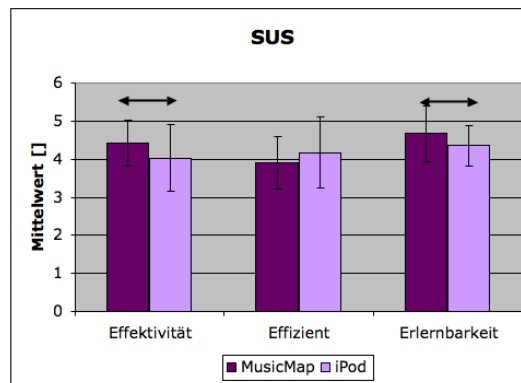


Abbildung 7.47: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des iPod und der MusicMap durch die Probanden mit dem SUS.

SUS Die statistische Auswertung der Antworten von den Versuchspersonen ergibt die in Abbildung 7.47 und Tabelle 8.16 dargestellten Mittelwerte, Standardabweichungen und α -Fehler. Der SUS zeigt, wie angenommen, eine signifikante subjektive Bevorzugung der MusicMap hinsichtlich der Effektivität und der Effizienz. Das bedeutet, dass die Probanden die Aufgaben mit der MusicMap subjektiv deutlich schneller und besser absolvierten. Werden die Ergebnisse aus der Erhebung der Bediendauern mit der subjektiven Bewertung verglichen, können zum Großteil Übereinstimmungen gefunden werden.

SUS						
	Effektivität		Effizienz		Erlernbarkeit	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	0,003		0,110		0,037	
$F_{(2,9)}, F_{(3,9)}, F_{(2,9)}$	5,259		2,600		4,543	
partielles η^2	0,06		0,03		0,06	
Mittelwert []	5,4	4,9	5,7	4,9	5,75	5,35
Stabw. []	0,5	0,8	0,54	0,46	0,49	0,23

Tabelle 7.24: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des iPod und der MusicMap durch die Probanden mit dem SUS.

Dagegen wurde die Erlernbarkeit des iPods signifikant positiver eingeschätzt. Diese Einschätzung deckt sich mit der Hypothese, dass der iPod mit seiner linearen Struktur ein sehr einfaches und gut nachzuvollziehendes konzeptuelles Modell besitzt. Die Bediendauern des iPod liegen in den jeweiligen Aufgabentypen eng beieinander.

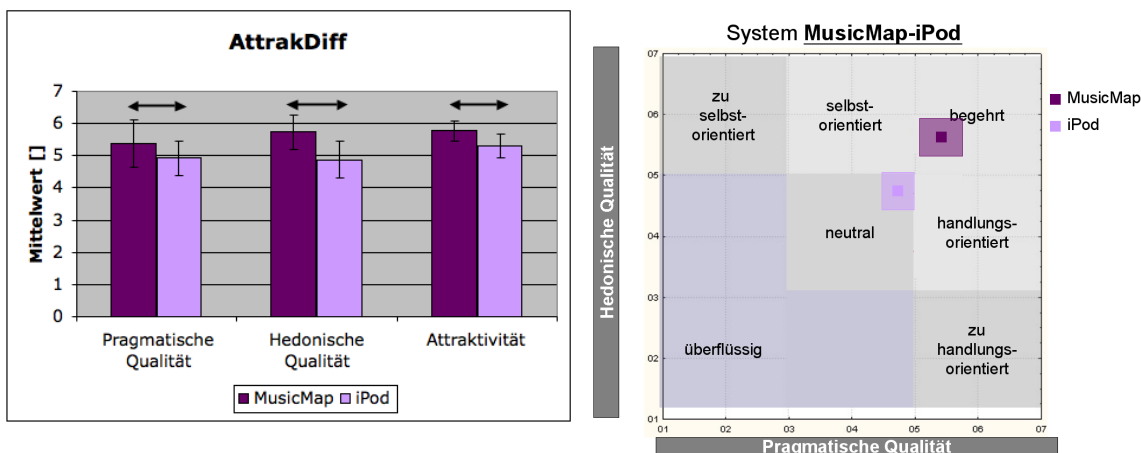


Abbildung 7.48: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität des iPod und der MusicMap durch die Probanden mit dem AttrakDiff.

Mittelwerte, Standardabweichungen und α -Fehler der Resultate des AttrakDiff sind in Abbildung 7.48 und Tabelle 7.25 angetragen. Entsprechend den Vorhersagen zeigen die Versuchspersonen in den drei Aspekten hedonische und pragmatische Qualität sowie Attraktivität eine signifikante Präferenz für die MusicMap. Die Attraktivität und das Vergnügen ist mit diesem kartographischen Konzept gegenüber der listenbasierten Darstellung signifikant höher.

Das Produkt iPod ist das Paradebeispiel für Attraktivität in seinem Gesamterscheinungsbild. Bemerkenswert ist, dass die MusicMap schon in einer prototypischen Umsetzung ohne die Überarbeitung durch einen Designer, eine höhere Attraktivität auf die

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS

AttrakDiff						
	prag. Qualität		hed. Qualität		Attraktivität	
Variante	Map	iPod	Map	iPod	Map	iPod
α -Fehler	0,012		< 0,001		0,032	
$F_{(6,9)}, F_{(13,9)}, F_{(6,9)}$	4,349		43,630		10,677	
partielles η^2	0,02		0,10		0,06	
Mittelwert []	5,4	4,9	5,7	4,9	5,75	5,35
Stabw. []	0,5	0,8	0,54	0,46	0,49	0,23

Tabelle 7.25: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität des iPod und der MusicMap durch die Probanden mit dem AttrakDiff.

Probanden ausübt als der iPod.

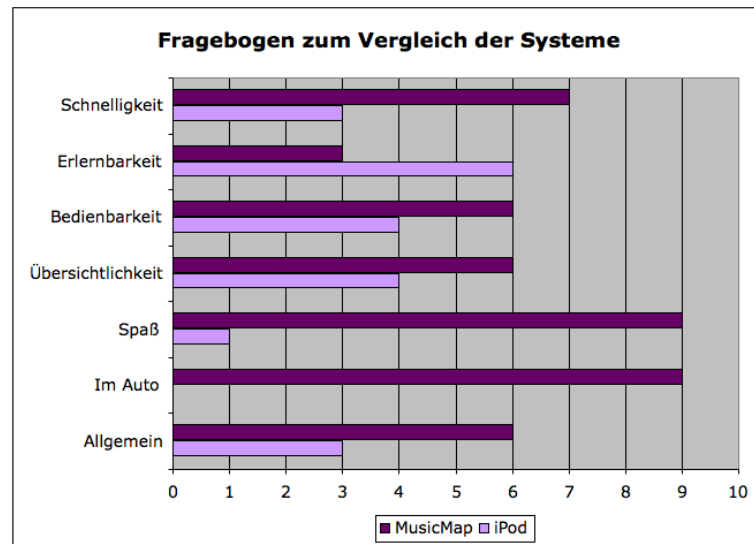


Abbildung 7.49: Abschließender Vergleichsfragebogen, bei dem sich die Probanden bei jeder Frage zwischen den beiden Systemen entscheiden sollten. Es sind daher maximal zehn Zustimmungen möglich.

Vergleichender Fragebogen Die Resultate des vergleichenden Fragebogens (siehe Abbildung 7.49) stützen die Ergebnisse der Bediendauern, des SUS und des AttrakDiffs. Die Versuchspersonen empfanden die MusicMap als leichter zu Bedienen und zu Erlernen, analoge Ergebnisse schlagen sich im SUS und in den Bedienzeiten nieder. Des Weiteren wird die MusicMap, wie bei den Ergebnissen das AttrakDiff, bezüglich des Spaßfaktors präferiert.

Letztlich bevorzugten die Versuchspersonen eindeutig die Bedienung eines Musikarchivs über die MusicMap in einer automotiven Umgebung. Zwar konnte diese subjektive

Bevorzugung in den objektiven Messungen zum R-Quotienten nicht bestätigt werden, sie spiegelt dennoch ein subjektives Sicherheitsempfinden wieder. Letztendlich wird die MusicMap als Gesamtkonzept favorisiert.

7.4.5. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse aus dem Vergleich zwischen den listenbasierten und kartographischen Anzeigevarianten für umfangreiche Datenmengen lassen eine Bewertung der Hypothesen zu.

Die Hypothese Map_Lern konnte in dem Aufgabentyp Interpretieren für die ersten vier Versuchsaufgaben eindeutig bewiesen werden. Die fünfte Versuchsaufgabe stellt einen Ausreisser dar. Das liegt daran, dass die fünfte Aufgabe für die MusicMap eine vergleichsweise hohe Komplexität aufweist. Die subjektive Bewertung der Versuchspersonen, den iPod als schneller erlernbar zu beurteilen, bestätigt die objektiven Ergebnisse. In der zweiten Aufgabenkategorie konnten keine statistisch verwertbaren Ergebnisse erzielt werden. Die Konzepte der Filter und der Playlisten sind anscheinend schlecht vergleichbar.

Wie prognostiziert, ist die MusicMap in der Effizienz in den ersten vier Versuchsaufgaben der Variante Interpret bis auf eine Ausnahme das signifikant schnellere Interaktionskonzept. Die Hypothese Map_Eff kann zumindest für Aufgaben bei denen der Interpret auf einer höheren Ebene liegt, als richtig angenommen werden.

Anders als in Hypothese Map_R prognostiziert kann für die Unterbrechbarkeit der Darstellungsvarianten keine Aussage gemacht werden. Keines der beiden Systeme erfüllt die Anforderung eines Unterbrechbarkeitsquotienten mit dem 85. Perzentil kleiner als eins. Damit existiert noch keine adäquate Darstellungsform für umfangreiche Datenmengen.

Abschließend wurde die MusicMap gemäß der Prognose eindeutig von den Versuchspersonen hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit, der Attraktivität und der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe präferiert. Eine Ausnahme bildet die hohe Intuitivität und Erlernbarkeit des iPod. Die Hypothese Map_Attr nachdem die kartographische Darstellung das ansprechendere und anziehendere Konzept ist, konnte eindeutig belegt werden.

7.5. Zusammenfassung

In dem vorliegenden Kapitel wurden die in Kapitel 5 erarbeiteten benutzerzentrierten, dreidimensionalen Graphikkonzepte auf ihre Gebrauchstauglichkeit, ihre Attraktivität und ihrer Verträglichkeit mit der Fahraufgabe anhand empirischer Benutzertests validiert. Im Fokus stand die Evaluierung von graphischen Informationsdarstellungen als Alternativen zur Liste. In der Tabelle 7.26 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Für die Anzeige einer Menüstruktur eignet sich nach den Ergebnissen der ersten Untersuchung in einem LCT mit Blickfassung ein dreidimensionales Konzept. Eine höhere

7. Evaluierung graphischer Interaktionsmetaphern in FIS


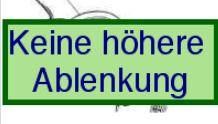

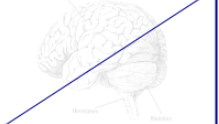






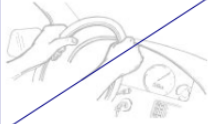

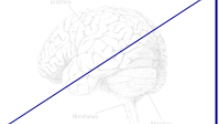


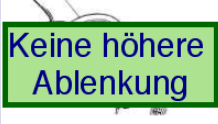



	Ablenkung vom Fahren	Effizienz	Intuitivität	Attraktivität
	 Keine höhere Ablenkung	 effizienter		 attraktiver
		 Kein signifikanter Unterschied		 attraktiver
		 weniger effizient		 attraktiver
	 Keine höhere Ablenkung	 effizienter	 weniger intuitiv	 attraktiver

Tabelle 7.26: Zusammenfassung der Vergleiche alternativer Präsentationsformen zu listenbasierten Darstellungen. Die durchgestrichenen Zellen wurden nicht untersucht

Effizienz als bei konventionellen Listendarstellungen sowie eine angemessene Verträglichkeit mit der Fahraufgabe konnte in der Benutzerstudie gezeigt werden. Die durchschnittliche Blickdauer bei der Interaktion mit iFlip 3D ist unterhalb der geforderten Grenze von 1,5 Sekunden. Ergänzend zu den objektiven Ergebnissen zeigt die Erhebung der subjektiven Daten eine signifikante Präferenz für die dreidimensionale Repräsentation. Eine höhere Attraktivität des dreidimensionalen Konzepts wurde gegenüber dem listenbasierten Konzept validiert.

Der Vergleich zweier verschiedener Eingabemodalitäten zeigt, dass momentan noch kein optimales Bedienelement zur Interaktion mit dreidimensionalen, graphischen Bedienoberflächen für FIS existiert. Die Bedienung per Berührung ist zwar intuitiv und im Erstkontakt signifikant schneller als ein multifunktionales Bedienelement, erfordert aber ein hohes Maß an visueller Aufmerksamkeit. Ein zentrales Bedienelement ermöglicht eine Bedienung mit minimaler mittlerer Blickdauer, stellt aber für den Punkt Erlernbarkeit speziell im Erstkontakt eine Herausforderung an den Anwender dar. Nachdem kurze Blickdauern laut [66] die wichtigste Anforderung an FIS sind und insgesamt längere Bedienzeiten bei kürzeren Blicken akzeptiert werden, wird der multifunktionale Controller bevorzugt.

Die Untersuchung einer lichtbasierten Menüsteuerung konnte zwar keinen signifikanten Unterschied in der Gebrauchstauglichkeit erzielen. Die emotionale Wahrnehmung und Attraktivität kann dadurch jedoch gesteigert werden. Zusätzlich ist eine spiral-

basierte Darstellung kurzer Listen wie Lesezeichen eine weitere attraktive Erweiterung eines räumlichen Systems. Der Nachteil, der durch die verkleinerten Lesezeichen im hinteren Teil der Spirale entsteht, kann durch die Kopplung an die Benutzungshäufigkeit verringert werden.

Eine angemessene Repräsentation umfangreicher Datenmengen gewinnt im Hinblick auf zukünftige FIS an immer größerer Bedeutung. Der Vergleich einer kartographischen Metapher mit einer listenbasierten Darstellung durch die Okklusionsmethodik zeigt hinsichtlich der Unterbrechbarkeit, dass beide Anzeigeformen noch keine ideale Lösung vertreten. Der Unterbrechbarkeitsquotient erfüllt bei beiden Ansätzen die Anforderung nicht, dass das 85. Perzentil des Werts unter 1 liegen muss. Dafür zeigt sich die Music-Map hinsichtlich der Effizienz und Attraktivität als die bessere Alternative. Subjektiv wird das kartographische Konzept als anziehender und attraktiver bewertet.

Abschließend sind graphische Repräsentation eine anziehendere und teilweise sogar gebrauchstauglichere Alternative zu textbasierten Listendarstellungen für FIS. Eine höhere Ablenkung von der Fahraufgabe als sie herkömmliche Systeme erzeugen, konnte nicht festgestellt werden.

8. Evaluierung von Animationen in FIS

Evaluierungen durch Benutzer verifizieren die Angemessenheit von Animationen in FIS und ermitteln adäquate Animationsdauern und -pfade.

In der vorliegenden Arbeit werden Ansätze entwickelt und prototypisch umgesetzt, die benutzerzentrierte, graphische Interaktionskonzepte, die im Speziellen Animationen enthalten, zur Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität von FIS empfehlen. Eine Verträglichkeit mit der Fahraufgabe ist eine grundlegende Anforderung an FIS. Die Benutzerstudien des vorhergehenden Kapitel 7 haben den Mehrwert dreidimensionaler, graphischer Interaktionsdarstellungen für FIS eindeutig belegt.

In allen graphischen Konzepten der vorliegenden Arbeit werden Animationen genutzt, um dem Fahrer die Zusammenhänge in der Menüstruktur zu verdeutlichen. In [66] wird eine Empfehlung gegeben, nach der Bewegtbilder in FIS eindeutig zu vermeiden sind.

Das vorliegende Kapitel überprüft in einer Basisuntersuchung durch den LCT die Ablenkungswirkung von Animationen in FIS. Weitere Fragen nach adäquaten Animationsdauern sowie die Art des Navigationspfades durch eine Menüstruktur per Animation werden in den zwei nachfolgenden Versuchen analysiert.

8.1. Ablenkend oder gebrauchstauglich

Bei Interaktionskonzepten für PCs werden Animationen für graphische Bedienoberflächen empfohlen [13], um speziell Anfängern den Umgang mit den Systemen zu erleichtern, siehe Abschnitt 2.4.5. Mithilfe von Animationen, die beispielsweise, die Herkunft eines Menüs anzeigen oder Übergänge zwischen einzelnen Untermenüs erklären, kann die Erlernbarkeit von unbekanntem Systemen gesteigert werden. Da die Erlernbarkeit gerade in FIS eine große Rolle spielt, werden in Kapitel 5 Konzepte entworfen, die Animationen einsetzen, um Anwender bei der Entwicklung eines mentalen Modells der Dialogstruktur zu unterstützen.

Durch die Bewegungen der Animation wird allerdings ein erhöhtes Ablenkungsrisiko befürchtet. Im Zusammenhang mit FIS, die dem Fahrer gerade auch während des Fahrens Funktionen wie Radio, Navigation und Kommunikation über eine graphische Oberfläche anbieten, werden Animationen als kritisch eingestuft [1][6]. Dennoch bieten

Animationen, die Zusammenhänge in Menüstrukturen erklären, ein vielversprechendes Potenzial für FIS.

Die Evaluation stellt das 3D iFlip einmal mit einer Animation von 300 ms und einmal ohne Animation in einem LCT gegenüber. Durch das Blickerfassungssystem DIKAB-LIS wird das Blickverhalten der Versuchspersonen aufgezeichnet. Das Ablenkungsrisiko sowie die Erhöhung des Verständnisses der Benutzeroberfläche sollen in dieser Studie untersucht werden.

8.1.1. Hypothesen

Eine Prognose zu den Unterschieden hinsichtlich der Verwendung von Animationen in FIS wird über Hypothesen formuliert. Es soll evaluiert werden, ob Animationen die Gebrauchstauglichkeit der Bedienung von FIS steigern können, ohne eine ablenkende Wirkung außerhalb der vorgeschriebenen Grenzen zu erzeugen.

Animationen erklären Zusammenhänge in dem Interaktionskonzept und unterstützen den Nutzer bei der Entwicklung eines mentalen Modells. Andererseits ziehen bewegte Bilder die Aufmerksamkeit des Anwenders an und könnten ihn von der sicherheitskritischen Fahraufgabe ablenken. Die Animationen werden in einer angemessenen Geschwindigkeit durchgeführt und verfügen über bestimmte Kriterien einer erklärenden Animation. Dazu gehört, dass die Animation benutzerseitig initiiert wird.

Bezüglich der Verwendung von Animationen in FIS werden folgende Hypothesen formuliert:

- **Hypothese A_Bew_Eff:** Animationen, die Übergänge und Zusammenhänge in einer Menüstruktur veranschaulichen, erhöhen die Effizienz gemessen an Bediendauern von FIS im Erstkontakt.
- **Hypothese A_Bew_Abl:** Benutzerinitiierte Animationen in angemessenen Geschwindigkeiten lenken den Fahrer nicht von der Fahraufgabe ab.
- **Hypothese A_Bew_Attr:** Durch Animationen entsteht eine angenehmere, freudigere Bedienung. Die Attraktivität wird erhöht.

Zusammenfassend wird angenommen, dass eine angemessene Verwendung von Animationen die Gebrauchstauglichkeit erhöhen, ohne dass eine zusätzliche Ablenkung des Fahrers erfolgt.

8.1.2. Versuchsaufbau

Der Versuch erfolgt im Usability Lab des Lehrstuhls für Ergonomie an der TU München und verfügt über einen analogen Aufbau wie die Versuche aus Abschnitt 7.1.3.1 und aus Abschnitt 7.2.2. Die Systeme entsprechen dem dreidimensionalen Konzept aus Abschnitt 6.2.1 und werden über einen Touchscreen bedient. Zu dem Zeitpunkt der Versuchsdurchführung liegen die Ergebnisse aus dem Vergleich der Eingabegeräte aus Abschnitt 7.1

noch nicht vor. Die Wahl fällt auf den Touchscreen, da weniger Probleme mit dessen Bedienung im Erstkontakt vermutet werden.

Die Systeme unterscheiden sich lediglich darin, dass das eine System erklärende Animationen beinhaltet, das andere nicht. Die Animationsgeschwindigkeit wird aufgrund der Ergebnisse eines informalen Vortest auf eine Dauer von 300 Millisekunden festgelegt. Die Bedienzeit wurde durch subjektives Empfinden von Vorversuchspersonen in der Okklusionsmethode ermittelt. Diese Animationsdauer entspricht einer angenehmen Geschwindigkeit, die, wenn von einem Bedienintervall von 1,5 Sekunden ausgegangen wird [66], nicht zu viel Zeit von der Bedienzeit beansprucht. Die Animation kann bei dieser Geschwindigkeit dennoch wahrgenommen werden.

8.1.3. Versuchsdurchführung

8.1.3.1. Versuchspersonen

An dem Versuch nahmen 15 Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 44,6 Jahren teil, wobei die Extremwerte der Altersverteilung bei 19 und 63 lagen. Fünf der Probanden waren weiblich. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden kaum Erfahrung mit FIS und eine geringe Technikaffinität aufwiesen.

8.1.3.2. Aufgaben und Ablauf

Aufgaben und Ablauf erfolgen analog zu dem Experiment aus Abschnitt 7.1.3.3 und Abschnitt 7.1.2.

8.1.4. Ergebnisse

Der LCT und das DIKABLIS liefern Kenngrößen, die eine objektive Beurteilung des Gebrauchs von Animationen in FIS ermöglichen. Die Effizienz des Systems kann über die Bearbeitungsdauern aus dem LCT ermittelt werden. Eine Ablenkung der Fahraufgabe wird mittels der Blickdauern aus dem DIKABLIS und der Spurhaltegröße aus dem LCT abgeschätzt.

Befragungen liefern subjektive Daten, die eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit und Attraktivität aus Nutzersicht zulassen. Dazu werden subjektive Soforteindrücke durch Kurzinterviews nach jeder Aufgabenausführung festgehalten. In einem vergleichenden Fragebogen werden subjektive Präferenz und in dem AttrakDiff Meinungen zur Attraktivität von animierten Interaktionskonzepten erfasst.

8.1.4.1. Vorgehensweise zur Auswertung

Versuchsablauf und Kenngrößen entsprechen dem Versuch aus Abschnitt 7.1. Das Verfahren zur Auswertung wird analog zu Abschnitt 7.1.4.1 durchgeführt.

8.1.4.2. Objektive Ergebnisse

Durch die in Abschnitt 8.1.1 aufgestellten Hypothesen können Annahmen zu den Ergebnissen der Datenerhebungen aus der Benutzerstudie getroffen werden. Die höhere Effizienz des animierten Interaktionskonzept wird sich vermutlich in einem signifikanten Unterschied zwischen den Bediendauern zu Gunsten des animierten Konzepts zeigen. Die Blickdauern des animierten Konzepts werden vermutlich innerhalb der empfohlenen Grenzen von 1,5 Sekunden liegen und sich zusätzlich zu den Spurhaltedaten nicht von dem statischen Konzept unterscheiden.

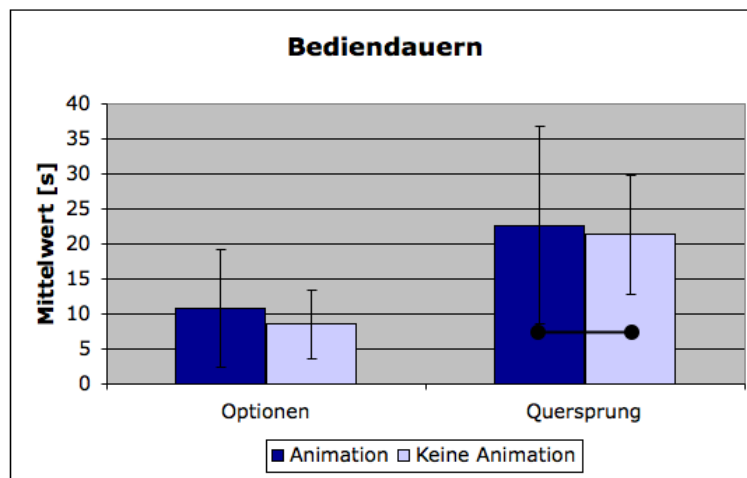


Abbildung 8.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für Animation und keine Animation.

Bediendauern				
	Optionen		Quersprung	
Variante	Ani.	Nix	Ani.	Nix
α -Fehler	0,229		0,600	
$F_{(3,14)}, F_{(2,14)}$	1,460		0,278	
partielles η^2	0,01		<0,01	
Mittelwert [s]	10,83	8,56	22,63	21,34
Stabw. [s]	8,45	4,87	14,13	8,5

Tabelle 8.1: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für Animation und keine Animation.

Effizienz Abbildung 8.1 und Tabelle 8.1 zeigen die durch die statistischen Methoden berechneten Werte bezüglich Mittelwert, Standardabweichung und α -Fehler. Die Irrtumswahrscheinlichkeit hinsichtlich des Aufgabentyps Optionen liegt im statistisch nicht

aussagefähigen Bereich. Entgegen der getroffenen Annahmen kann kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Bediendauern in dem Aufgabentyp Quersprung festgestellt werden.

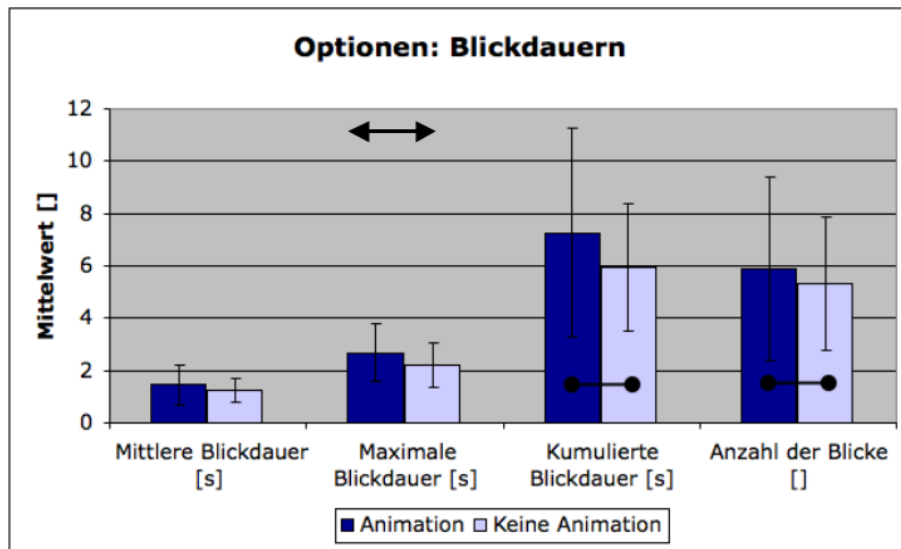


Abbildung 8.2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für die Aufgabentyp Optionen für Animation und keine Animation.

Optionen Blickdauern								
Variante	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
	Ani.	Nix	Ani.	Nix	Ani.	Nix	Ani.	Nix
α -Fehler	0,140		0,030		0,263		0,886	
$F_{(3,13)}$	2,214		4,819		1,269		0,021	
partielles η^2	0,01		0,04		0,02		<0,01	
Mittelwert []	1,46	1,23	2,69	2,20	7,26	5,92	5,89	5,31
Stabw. []	0,76	0,46	1,12	0,86	3,99	2,43	3,51	2,55

Tabelle 8.2: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Optionen für Animation und keine Animation.

Ablenkung von der Fahraufgabe Wie in den vorangegangenen Experimenten wird die Ablenkung der Fahraufgabe einerseits durch das Blickverhalten und andererseits durch den Abstand zur Ideallinie des LCT bewertet. Durch einen Ausfall bei der Aufzeichnung der Blickdaten durch das Blickfassungssystem, konnten bei einer Versuchsperson keine Blickdaten aufgezeichnet werden.

Die durch die statistischen Verfahren berechneten Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickmessungen für den Aufgabentyp Optionen sind in Abbildung 8.2 gra-

phisch dargestellt. Tabelle 8.2 listet die zugehörigen Werte auf. In diesem Fall kann für die mittlere Blickdauer keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Der Mittelwert liegt in beiden Fällen unter der vorgegebenen Grenze der Blickabwendungsdauer von 1,5 Sekunden. Bei der kumulierten Blickdauer und der Anzahl der Blicke wird, wie angenommen, kein statistischer Unterschied gefunden. Überraschenderweise unterscheiden sich die maximalen Blickdauern signifikant zu Ungunsten des animierten Konzepts.

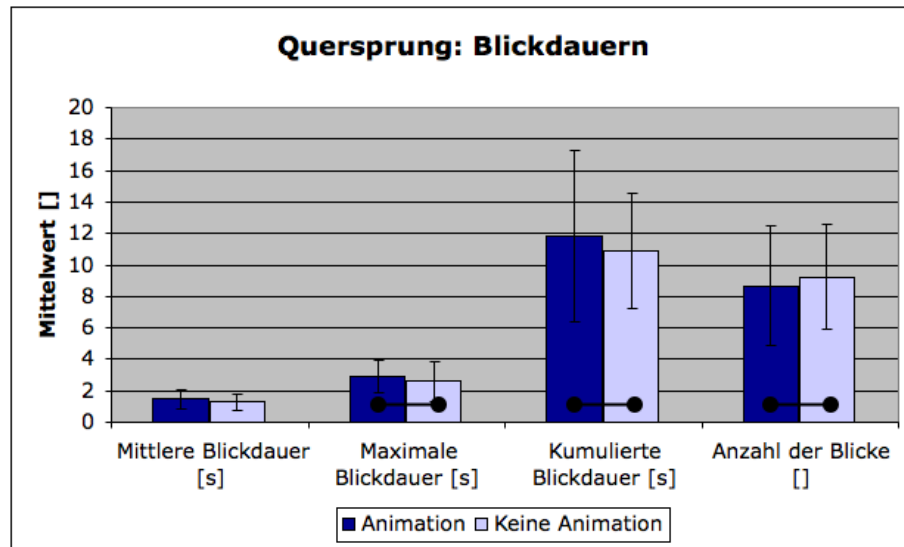


Abbildung 8.3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Quersprung für Animation und keine Animation.

Quersprung Blickdauern								
	Mitt. Blickdauer		Max. Blickdauer		Kum. Blickdauer		Blickanzahl	
Variante	Ani.	Nix	Ani.	Nix	Ani.	Nix	Ani.	Nix
α -Fehler	0,103		0,276		0,276		0,517	
$F_{(2,13)}$	2,718		1,203		1,204		0,423	
partielles η^2	0,03		0,01		0,01		<0,01	
Mittelwert []	1,49	1,28	2,88	2,58	11,81	10,89	8,67	9,24
Stabw. []	0,60	0,55	1,02	1,23	5,45	3,64	3,8	3,37

Tabelle 8.3: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdauern für den Aufgabentyp Quersprung für Animation und keine Animation.

Für den Aufgabentyp Quersprung sind die α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickdatenerhebungen in Abbildung 8.3 und in Tabelle 8.3 angetragen. Die Aussagen aus den Ergebnissen der Aufgabenkategorie Quersprung für keinen signifikanten Unterschied in den Kenngrößen kumulierte Blickdauer und Blickanzahl lassen sich

reproduzieren. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der mittleren Blickdauern liegt wie in dem Aufgabentyp Quersprung in einem statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Einzig die Ergebnisse der maximalen Blickdauern weichen von den Ergebnissen aus dem Aufgabentyp Optionen ab. In diesem Fall kann, wie ursprünglich erwartet, kein statistischer Unterschied zwischen dem animierten und dem statischen System festgestellt werden.

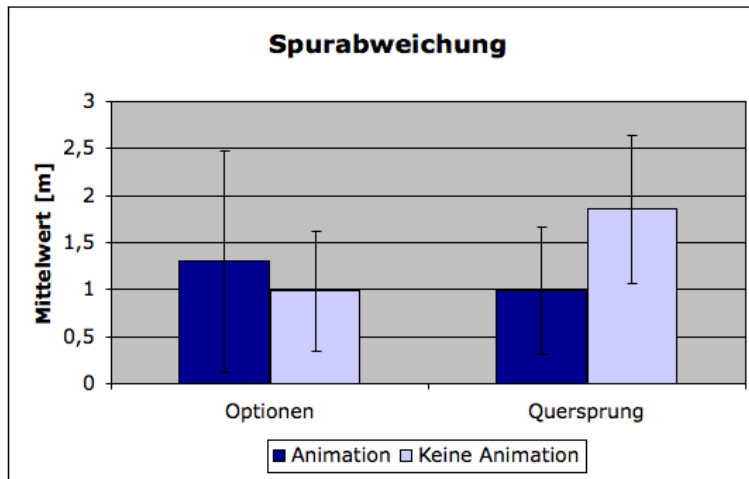


Abbildung 8.4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für Animation und keine Animation.

Spurabweichungen				
	Optionen		Quersprung	
Variante	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts
α -Fehler	0,200		0,127	
$F_{(3,14), F_{(2,14)}}$	1,660		2,372	
partielles η^2	0,01		0,03	
Mittelwert [m]	1,30	0,99	1,61	1,85
Stabw. [m]	1,18	0,64	0,68	0,79

Tabelle 8.4: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen der Spurabweichungen für die Aufgabentypen Optionen und Quersprung für Animation und keine Animation.

Letztlich liefert die Auswertung der Spurhaltedaten wie in den vorherigen Versuchen keine statistisch auswertbaren Ergebnisse. Abbildung 8.4 und Tabelle 8.4 zeigen die zugehörigen Werte für die Kenngröße Spurabweichung für beide Aufgabentypen. Damit können aus dem LCT zum wiederholten Mal keine statistisch verwertbaren Daten bezüglich der Fahrleistung ermittelt werden.

8.1.4.3. Subjektive Ergebnisse

Laut der Hypothesen Ani_Attr werden die Probanden das animierte Konzept favorisieren und als gebrauchstauglicher einschätzen sowie als attraktiver empfinden. Es werden sich bei den Kurzinterviews vermutlich für die Fragen nach der Spurhaltung, der Konzentration auf das Fahren und das im Blick behalten der Strasse keine signifikanten Unterschiede ergeben. Für die Einschätzung, wie schwierig eine Aufgabe zu lösen ist, wird ein signifikanter Unterschied zu Gunsten des animierten Konzepts erwartet, da es den Anwender vor allem im Erstkontakt mit dem System unterstützt. Für die Attraktivität und die subjektiven Präferenzen wird das animierte Konzept wahrscheinlich besser beurteilt als das Konzept ohne Animationen.

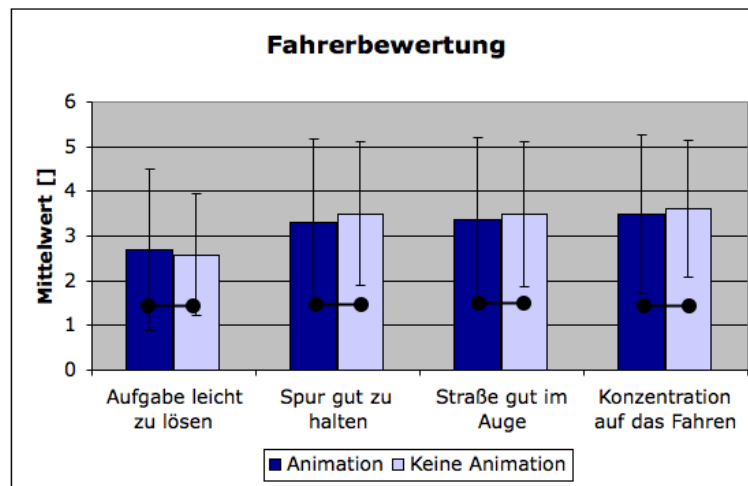


Abbildung 8.5: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe für Animation und keine Animation.

Fahrerbewertung								
	Aufgabe lösen		Spur halten		Straße im Auge		Konzentration	
Variante	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts
α -Fehler	0,608		0,387		0,751		0,562	
$F_{(6,14)}$	0,264		0,752		0,100		0,336	
partielles η^2	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01	
Mittelwert []	2,70	2,58	3,30	3,50	3,37	3,48	3,48	3,61
Stabw. []	1,8	1,37	1,87	1,62	1,84	1,62	1,78	1,53

Tabelle 8.5: α -Fehler, F-Wert, partielles η^2 , Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Verträglichkeit mit der Fahraufgabe für Animation und keine Animation.

Subjektive Soforteinschätzung von Aufgaben Die Ergebnisse der subjektiven Fahrerbewertung sind in Abbildung 8.5 und in Tabelle 8.5 angetragen. Wie vermutet existieren keine Unterschiede in den Fragen nach der Vereinbarkeit der Interaktionskonzepte mit der Fahraufgabe. Anders als angenommen sehen die Probanden die Lösung der Aufgabe in dem animierten Konzept nicht als einfacher an als in dem animierten Konzept. Subjektiv besteht kein Unterschied in der Komplexität.

Subjektive Präferenzen Der subjektive Fragebogen beinhaltet Fragen zum LCT mit und ohne Aufgabe sowie verschiedene Aspekte zur Animation und schließlich, welches der beiden Konzepte zu bevorzugen sei. Die Versuchspersonen beurteilten Aussagen auf einer Likert Skala von eins (stimmt) bis sechs (stimmt nicht).

Der Aussage des schnelleren Erlernen des Systems, in dem die Einstellungen auf der Rückseite des zugehörigen Menüs angeboten werden, stimmten die Versuchspersonen eher zu (2,67). Interessant ist, dass die Versuchspersonen die Animation während des zeitgleichen Ausführens der Fahraufgabe zum großen Teil nicht bemerkt haben (3,1), daher konnte keine klare Aussage gemacht werden, ob die Animationen nervend (3,2) oder ablenkend (3,5) wirken. Die Entscheidung, welches der beiden Systeme zu bevorzugen sei, fällt dementsprechend unentschieden aus (2,9).

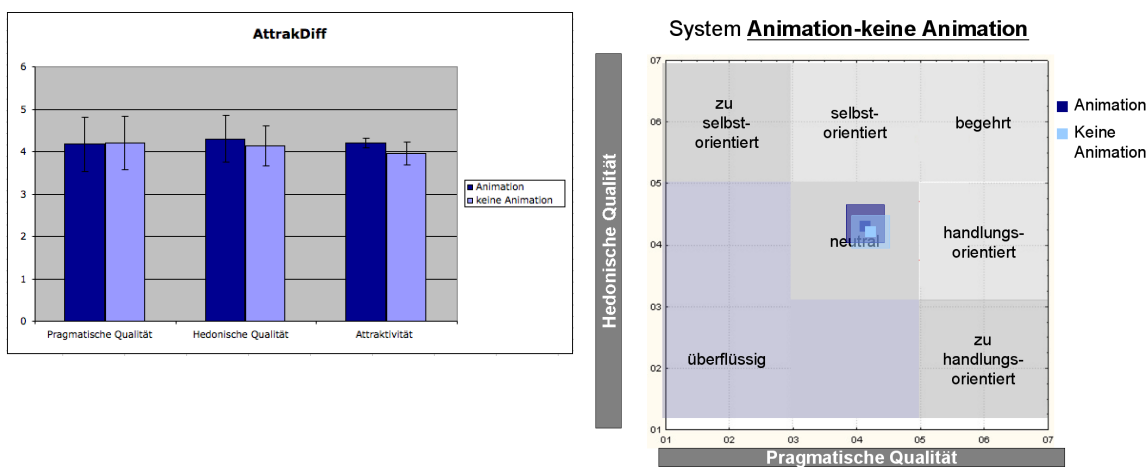


Abbildung 8.6: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für Animation und keine Animation

Attraktivität Analog zu dem Experiment aus Abschnitt 7.2 gingen die erhobenen Daten verloren, bevor eine statistische Auswertung erfolgte. Die vorher erhobenen Mittelwerte und Standardabweichungen lassen jedoch vermuten, dass sich die Systeme hinsichtlich pragmatischer und hedonischer Qualität sowie Attraktivität nicht unterscheiden. Dies würde die Ergebnisse aus den objektiven Datenerhebungen und dem subjektiven Fragebogen stützen.

AttrakDiff						
	prag. Qualität		hed. Qualität		Attraktivität	
Variante	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts	Ani.	Nichts
Mittelwert []	4,17	4,20	4,30	4,13	4,20	3,95
Stabw. []	0,64	0,63	0,55	0,48	0,11	0,27

Tabelle 8.6: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität für Animation und keine Animation.

8.1.5. Schlussfolgerungen

Der Vergleich eines animierten FIS mit einem statischen Konzept hat für einen Aufgabentyp keine Unterschiede in der Bediendauer festgestellt. Für die andere Aufgabe können keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden. Damit kann die Hypothese A_Bew_Eff nicht als richtig angenommen werden und muss verworfen werden.

Bei der Betrachtung der subjektiven und objektiven Werte in Bezug auf die Ablenkung von der Fahraufgabe lässt sich mit einer Ausnahme kein signifikanter Unterschied bei der Bedienung zwischen dem animierten und dem nicht animierten System feststellen. Die Hypothese A_Bew_Abl, nach der benutzerinitiierte Animationen in angemessener Geschwindigkeit die Ablenkung von der Fahraufgabe in den Blickmessungen nicht erhöhen, kann demnach bestätigt werden. Die Spurhaltegröße liefert zum wiederholten Mal keine statistisch aussagefähigen Ergebnisse.

Überraschenderweise empfanden die Versuchspersonen keinen Unterschied bei der Lösung der Aufgabe und konnten sich nicht entscheiden, welches Konzept favorisiert wird. Die Annahmen aus der Hypothese A_Bew_Attr können nicht bestätigt werden. Der subjektive Fragebogen zeigt, dass die Probanden während des Ausübens der Fahraufgabe oft keinen Unterschied zwischen dem animierten und dem statischen System bemerkt haben. Nach Beobachtungen der Versuchsleitung verlangte der LCT, gerade von älteren Probanden, eine hohe Konzentrationsleistung ab und bereitete ihnen oft große Schwierigkeiten. Vermutlich ist die Variation einer relativ kleinen Variable, wie der Animation, bei der Kombination zweier neuer, anspruchsvoller Aufgaben einem starken Rauschen ausgesetzt.

Zusammenfassend lässt sich kein nennenswerter Unterschied hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit, Attraktivität und Ablenkung von der Fahraufgabe zwischen beiden Systemen feststellen.

8.2. Einfluss der Animationsdauer

Die Auswertung des vorangegangenen Versuchs konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen dem animierten und dem nicht animierten System im Blickverhalten nachweisen. Zusätzlich wurde die Animation selbst selten wahrgenommen. Die Probanden waren größtenteils technisch unversiert und hatten sogar während der alleinigen Ausführung

des LCT oder Bedienung des FIS Schwierigkeiten. Die Kombination der beiden Aufgaben ließ vermutlich eine so geringe Veränderung an dem System, wie die Variation der Animation, nur schwer wahrnehmen.

In dem folgenden Versuch soll der Einfluss der Animation und verschiedener Animationsgeschwindigkeiten auf das Lernverhalten sowie die Unterbrechbarkeit untersucht werden. Nachdem die Auswahl der Versuchspersonen sowie der LCT zu großen Varianzen bei der Variation einer relativ geringen Variable geführt hat, wurden bei dieser Evaluation die Versuchspersonen nach anderen Kriterien ausgesucht sowie eine andere Methode angewandt. Das 3D iFlip wird einmal ohne Animation, einmal mit schneller Animation (300 ms) und einmal mit langsamer Animation (1500 ms) realisiert. Es entstehen drei Systeme mit identischer Anzeige, Eingabe und Dialogführung, die in einem Okklusionsversuch verglichen werden. Die Studie und deren Ergebnisse wurden auf der *Useware 2006* [44] vorgestellt.

8.2.1. Hypothesen

Bezüglich der Bediengeschwindigkeiten werden im Folgenden Hypothesen formuliert, auf deren Basis Annahmen über die Unterschiede der Systeme getroffen werden können.

Schnelle, erklärende Animation helfen speziell Anfängern bei der Bedienung von unbekanntem Interaktionskonzepten. Es wird vermutet, dass sich dieses Ergebnis auf die parallele Ausführung einer zweiten Aufgabe übertragen lässt. Zu erwarten ist des Weiteren, dass die Animationen ab einem bestimmten Erfahrungswert nicht mehr als erklärend benötigt werden. Ab diesem Zeitpunkt ist vermutlich ohne die Animation eine, um die Animationszeit schnellere Bedienung, möglich.

Aufgrund ihrer erklärenden Funktion sowie der Lebhaftigkeit wird das Konzept mit der schnellen Animation als subjektiv beste Lösung erwartet. Dagegen wird das Konzept mit der langsamen Animation als träge, zeitaufwändig und nervend angenommen und daher von den Benutzern nicht akzeptiert werden.

Unter der Voraussetzung dieser Annahmen werden folgende Hypothesen aufgestellt.

- **Hypothese A_Geschw_Eff1:** Konzepte mit Animation benötigen ohne eine dominante Primäraufgabe unabhängig von der Animationsgeschwindigkeit signifikant längere Bedienzeiten als Konzepte ohne Animation. Hinsichtlich der Bediendauern wird das System ohne Animationen signifikant geringere Bediendauern als die beiden animierten Systeme ohne Okklusion erfordern.
- **Hypothese A_Geschw_Eff2:** Die langsame Animation ist unter beiden Bedingungen das langwierigste Konzept. Das System mit der langsamen Animation wird signifikant längere Bediendauern als die beiden anderen Systeme in den Bedingungen ohne und während der Okklusion benötigen.
- **Hypothese A_Geschw_Eff3:** Im Erstkontakt stellt ein Interaktionskonzept mit schnellen Animationen während der parallelen Ausführung einer dominanten

Fahraufgabe das effizientere System gegenüber einem System ohne Animationen dar. Die Bediendauern des schnell animierten Systems werden sich in den ersten zwei bis drei Aufgabenausführungen signifikant von dem nicht animierten System unterscheiden.

- **Hypothese A_Geschw_Eff4:** Nach einer Eingewöhnungsphase erfordert das Konzept ohne Animationen während der Ausführung der Parallelaufgabe geringere Bediendauern als das schnell animierte Konzept. Unter Okklusionsbedingungen sind ab der vierten Aufgabenausführung die Bediendauern bei dem System ohne Animation signifikant kürzer als bei dem schnell animierten System.
- **Hypothese A_Geschw_Eff5:** Abhängig von der Anzahl und dem Anteil der Animationen in einer Aufgabenkategorie sind die Unterschiede zwischen den Systemen größer.
- **Hypothese A_Geschw_Attr1:** Das Konzept mit den schnellen Animationen schneidet hinsichtlich der subjektiven Beurteilung am Besten ab.
- **Hypothese A_Geschw_Attr2:** Das Konzept mit den langsamen Animationen schneidet hinsichtlich der subjektiven Beurteilung am Schlechtesten ab.

Zusammenfassend eignet sich das Konzept mit der schnellen Animation gerade für den Erstkontakt in Bediensituationen mit erschwerten Bedingungen wie beispielsweise während des Ausübens einer Fahraufgabe am Besten.

8.2.2. Aufgaben

Das Standardvorgehen der Okklusionsmethode [26] schreibt vor, dass zu jeder Aufgabenkategorie fünf Aufgabenausprägungen durchgeführt werden müssen. Eine Aufgabenkategorie ist beispielsweise „Radiosender verstellen“. Eine zugehörige Aufgabenausprägung kann „Den Sender Bayern 3 aus der Liste der gespeicherten Sender auswählen“ sein. Dabei müssen alle Aufgabenausprägungen einmal als Training, einmal mit der Okklusionsbrille und einmal ohne Einschränkungen abgearbeitet werden.

Die drei Aufgabenkategorien werden in der vorliegenden Studie so gewählt, dass Anzahl und Anteil der Animationen variieren. Die Rückkehr ins Hauptmenü schließt jede Aufgabe ab.

8.2.2.1. Aufgabenkategorie Ani_Sel: Navigationseinstellungen anpassen

Die Versuchspersonen sollen Optionen zur Navigation verstellen. Die Einstellungen befinden sich auf der Rückseite der zentralen Navigationstafel. In dieser Kategorie wird eine Animation und eine Selektion durchgeführt. Der Nutzer dreht die Navigationskarte durch Drücken der Optionstaste um (eine Animation). Anschließend wird über Drehen und Drücken die gewünschte Einstellung vorgenommen (eine Selektion). Durch eine

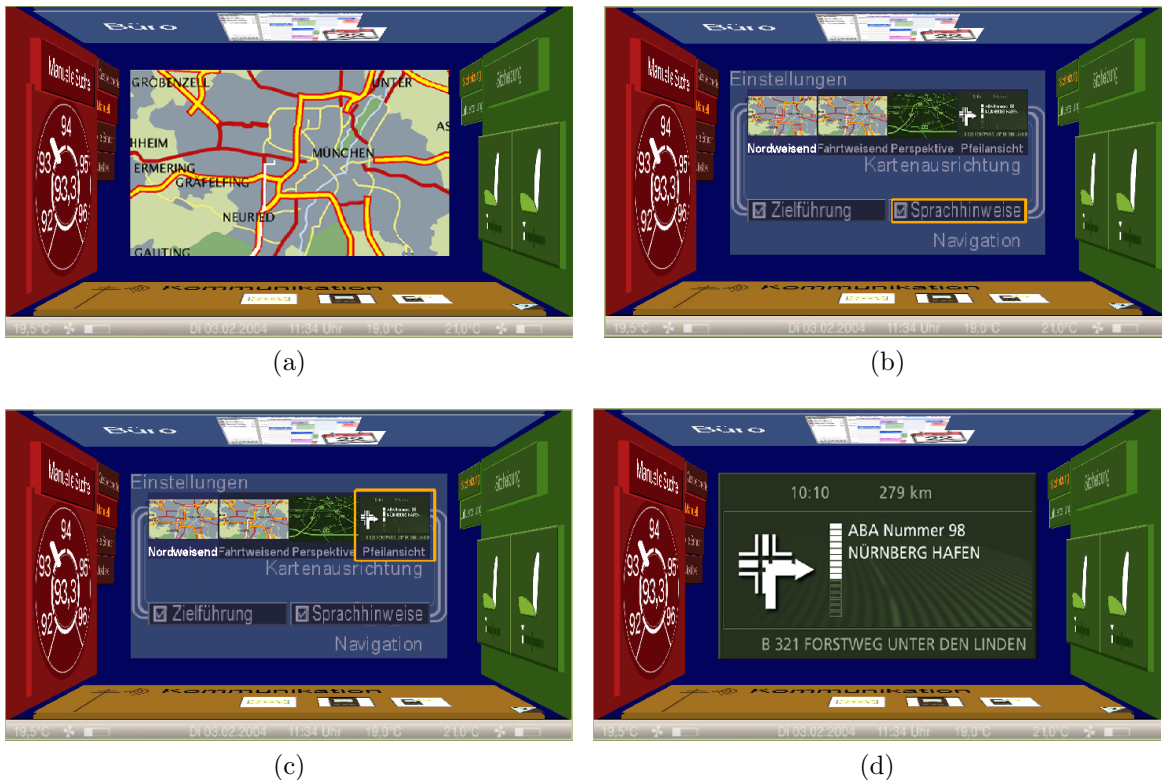


Abbildung 8.7: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Ani_Sel, Navigations-einstellungen anpassen, in dem System ohne Animationen.

Betätigung der Hauptmenütaste oder der Optionentaste stellt den Hauptmenüzustand wieder her.

Die folgenden Aufgabenvariationen werden formuliert.

1. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „fahrtweisend“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück
2. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „Pfeilansicht“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
3. Stellen Sie die Sprachhinweise zur Navigation aus und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück
4. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „Perspektive“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück
5. Deaktivieren Sie die Zielführung und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück

Alle Systeme verfügen über die gleiche Menüstruktur und Darstellung. Die Systeme variieren lediglich in der Animationsgeschwindigkeit. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen exemplarisch anhand der ersten Aufgabenvariation die Abläufe in den drei Systemen. Abbildung 8.7 zeigt das System ohne Animation, Abbildung 8.8 das System mit schnellen Animationen und Abbildung 8.9 das System mit langsamen Animationen.

8.2.2.2. Aufgabenkategorie Ani_Sel_Sel: Radiosender wechseln

In dieser Aufgabenkategorie werden die Versuchspersonen instruiert, Radiosender über verschiedene Untermenüs zu ändern. Dadurch werden eine Animation und zwei Selektionen ausgeführt. Beispielsweise das Radiomenü von links in die Mitte klappen (eine Animation), die Liste der gespeicherten Radiosender über die Reiter durch Drücken und Drehen wählen (eine Selektion) und aus dieser Liste den Sender Bayern 3 auswählen (zweite Selektion).

1. Wählen Sie den Sender „Gong 96.3“ aus der Liste „gespeicherte Sender“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
2. Wählen Sie den Sender „Bayern 5“ aus der Liste „alle Sender“ ein und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
3. Stellen Sie die Frequenz 94.3 manuell ein und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
4. Wählen Sie den Sender „SDR 3“ aus der Liste „Autostore“ und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
5. Stellen Sie die Frequenz 93.8 manuell ein und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.

8.2.2.3. Aufgabenkategorie Ani_Ani_Sel: Klangeinstellungen verändern

Diese Kategorie verlangt von den Probanden eine Manipulation der Klangeinstellungen. Es werden zwei Animationen und eine Selektion ausgeführt. Beispielsweise wird das Radiomenü durch Schieben des Bedienelements nach links in die Mitte geklappt (eine Animation), anschließend über die Betätigung der Optionstaste auf die Rückseite gedreht (zweite Animation) und durch Drehen und Drücken die gewünschte Änderung vorgenommen (eine Selektion).

1. Stellen Sie die Bässe zwei Stufen höher und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
2. Stellen Sie die Höhen auf die höchste Stufe und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
3. Stellen Sie die Balance zwei Stufen zum Fahrer und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.

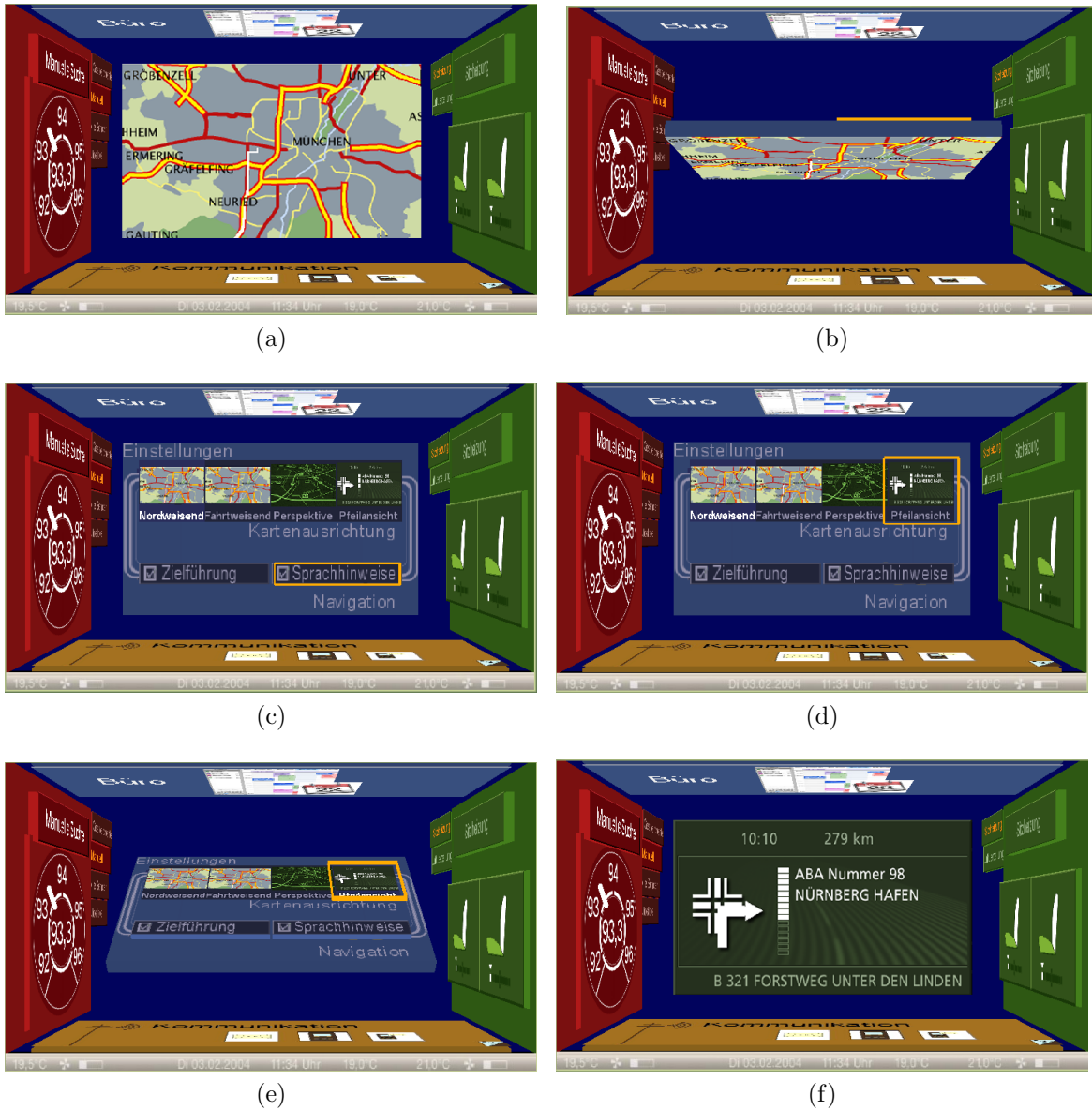


Abbildung 8.8: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Ani_Sel, Navigations-einstellungen anpassen, in dem System mit schnellen Animartionen.

8. Evaluierung von Animationen in FIS



Abbildung 8.9: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Ani_Sel, Navigations-einstellungen anpassen, in dem System mit langsamen Animationen.

4. Stellen Sie die Höhen drei Stufen tiefer und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.
5. Stellen Sie den Fader eine Stufe tiefer und wechseln Sie zum Hauptmenü zurück.

8.2.3. Versuchsdurchführung

8.2.3.1. Versuchsaufbau

Zur Untersuchung wird das 3D iFlip aus Abschnitt 6.2.1 in einen Versuchsträger der BMW Forschung und Technik GmbH eingebaut. Der Versuchsträger entspricht einem BMW 7er aus dem Jahr 2001 und verfügt über die technischen Voraussetzungen mittels dem Monitorausgang eines Laptops ein Display an der Stelle des CID anzusteuern. Das iDrive mit vier Schieberichtungen wird in die Mittelkonsole integriert und kann über eine serielle Schnittstelle gesteuert werden. Die Okklusionsbrille ist ebenfalls mit dem Rechner Laptop über den Parallelport verbunden und die zugehörige Steuerungs- und Protokollieranwendung wird dort ausgeführt.

Durch einen informalen Vortest werden mithilfe der Okklusionsbrille sowie den subjektiven Präferenzen zwei Animationsgeschwindigkeiten ermittelt, die von den Vorversuchspersonen als angenehm und deutlich unterscheidbar beurteilt wurden. Die schnelle Animation wird aufgrund der subjektiven Bewertung wie in den vorhergehenden Versuchen mit 300 Millisekunden realisiert, die langsame mit 1500 Millisekunden. Nachdem sich in dem informalen Vortest der Touchscreen als deutlich schwerer zu bedienendes Eingabeelement bei der Okklusionsmethode herausstellt, wird das 3D iFlip über den multifunktionalen iDrive Controller bedient. Die Bedienschwierigkeiten sollen möglichst gering gehalten werden, um sich auf die Variation der Animationsgeschwindigkeiten besser konzentrieren zu können.

8.2.3.2. Versuchspersonen

Insgesamt 12 Probanden im Alter von 24 bis 33 Jahren nehmen an der Studie teil, dabei beträgt der Altersdurchschnitt: 27,41 Jahre und eine Versuchsperson ist weiblich. Es wird darauf geachtet, dass die Versuchspersonen Erfahrung im Umgang mit technischen Geräten haben und mit der Bedienung von FIS vertraut sind. Die Selektion zielt darauf ab, die Animation weiter in den Vordergrund zu stellen und Störvariablen wie Probleme mit anderen technischen Umgebungsvariablen, beispielsweise den Umgang mit einem multifunktionalen Controller zu minimieren.

8.2.3.3. Ablauf

Der Ablauf zum Vergleich verschiedener Animationsdauern findet nach den Vorgaben des der Okklusionsmethode statt und kann Abbildung 8.10 entnommen werden.

Nach der Begrüßung füllt die Versuchsperson einen demographischen Fragebogen aus und wird zu dem Fahrersitz des 7er BMWs geleitet. Der Proband nimmt auf dem Fah-

ersitz Platz und wird an das FIS gewöhnt, indem nach einer Exploration des Systems alle Versuchsaufgaben im Training durchgeführt werden. Im Abschluss an das Trainingsintervall führt die Versuchsperson alle Versuchsaufgaben einmal mit und einmal ohne Okklusionsbrille durch. Das Vorgehen wird für alle drei Systeme analog abgehandelt. Nachdem Fragen zur Erlernbarkeit überprüft werden, wird die Aufgabenreihenfolge nicht permutiert. Allerdings werden sowohl die Systeme mit den Varianten der Animationsdauer als auch die Okklusionsreihenfolge systematisch variiert, um Reihenfolgeeffekte zu verhindern. Abschließend beantworten die Versuchspersonen einen Fragebogen, der subjektive Präferenzen sowie verschiedene Aspekte zu den Animationen abfragt. Dem Anhang dieser Arbeit sind die verwendeten Fragebögen zu entnehmen.

8.2.4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die objektiven und subjektiven Ergebnisse der Evaluation aufbereitet, analysiert und präsentiert. Durch die Okklusionsmethode wurden die Bearbeitungsdauern der Aufgabenausprägungen für die Durchgänge während der Okklusion und ohne Okklusion ermittelt. Die Darstellung der Bearbeitungsdauern der Aufgabenausprägungen eines Aufgabentyps in der ausgeführten Reihenfolge gibt Aufschluss über die Lernkurve und damit über die Intuitivität und die Erlernbarkeit. Zur Vervollständigung werden zusätzlich durch einen Fragebogen subjektive Eindrücke über die Präferenzen der Probanden gewonnen.

8.2.4.1. Vorgehensweise zur Auswertung

Nachdem die Auswirkungen der Animationen und ihrer Geschwindigkeit auf die Interaktion mit einem FIS evaluiert werden sollen, sind die Unterschiede zwischen den Systemvarianten interessant. Nachdem die Reihenfolge der Aufgaben nicht permutiert wird, ist weiterhin von Interesse, ob sich Aufgaben im Erstkontakt unterscheiden. Es werden für jede Versuchsaufgabe die Unterschiede in den Bearbeitungsdauern zwischen den drei Systemen mittels eines t-Tests überprüft. Zur Auswertung der subjektiven Befragungen zu den schnellen und langsamen Animationen wird ebenfalls der t-Test angewendet.

8.2.4.2. Objektive Ergebnisse

Gemäß der formulierten Hypothesen werden Prognosen über die Unterschiede der Auswirkungen der Animationsgeschwindigkeiten in der Kenngröße Bearbeitungsdauer aufgestellt, siehe Abschnitt 8.2.1. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Messungen und der Auswertung der gewonnenen Daten präsentiert. Zuerst sollen die Bedienzeiten ohne Okklusion, also unter ganz normalen Bedingungen ohne einen Störfaktor betrachtet werden. Nachfolgend werden die Bediendauern für die Ausführung der Aufgaben unter Okklusionsbedingungen dargelegt.

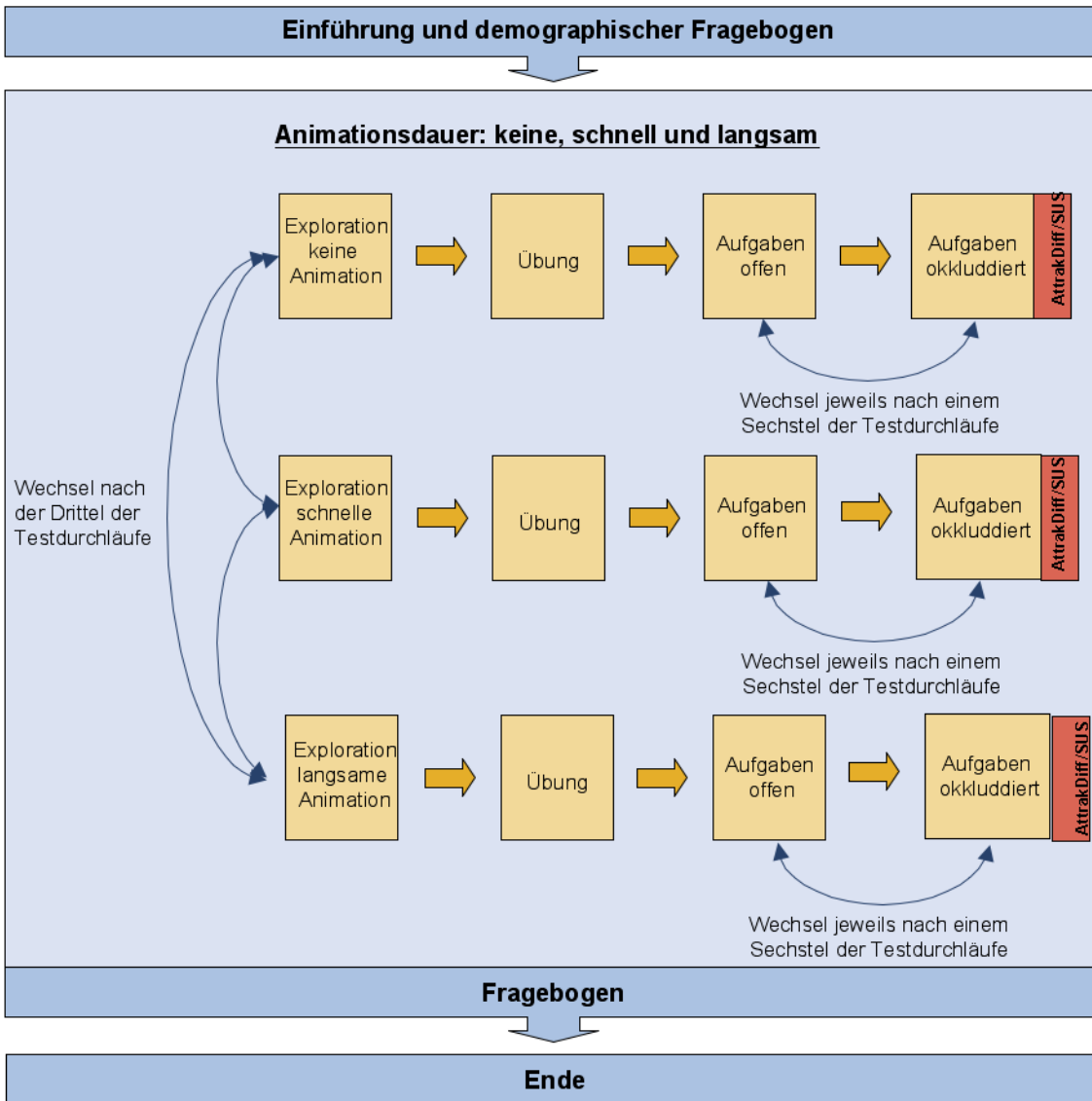


Abbildung 8.10: Versuchsablauf zum Vergleich von Animationsdauern in dreidimensionalen FIS durch die Okklusionsmethode.

Für den Aufgabentyp Ani_Sel musste die letzte Aufgabenausprägung entfernt werden, da ein Systemfehler die Probanden bei der Aufgabenausführung behinderte.

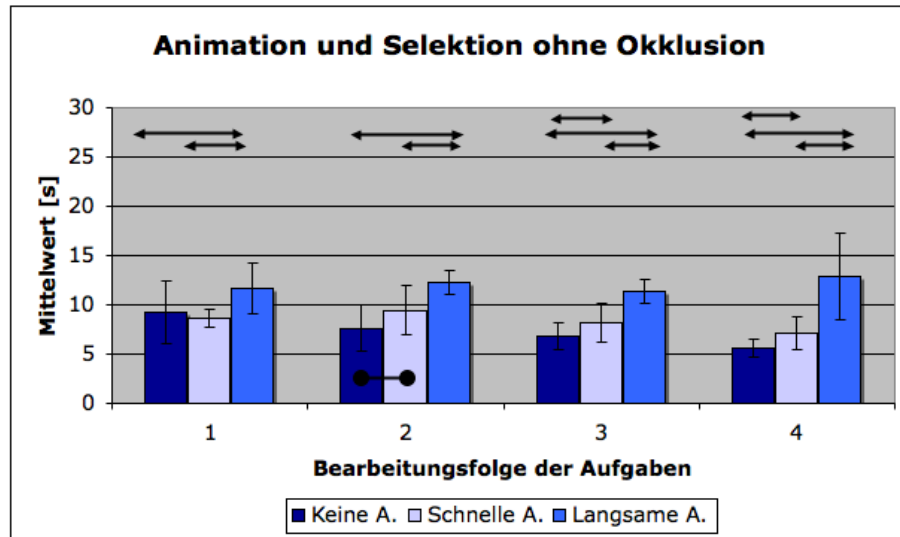


Abbildung 8.11: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

		Ani_Sel: Bediendauer ohne Okklusion											
		1			2			3			4		
α-Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,213	0,046		0,596	0,001		0,018	0,001		0,007	0,001
	300			0,036			0,001			0,018			0,010
	1500												
	Mittlw. [s]	9,27	8,68	11,66	7,62	9,46	12,29	6,79	8,22	11,34	5,57	7,11	12,88
	Stabw. [s]	3,19	0,91	2,53	2,37	2,55	1,18	1,34	1,97	1,17	0,95	1,71	4,41

Tabelle 8.7: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Ohne Okklusion α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauern sind für den Aufgabentyp Ani_Sel, der eine Animation und darauf folgend eine Selektion erfordert, in Abbildung 8.11 und Tabelle 8.7 abgebildet. Bis auf zwei Ausnahmen unterscheiden sich, wie prognostiziert alle Versuchsaufgaben hinsichtlich der Bediendauern signifikant zwischen den Systemvarianten. Für die erste Versuchsaufgabe liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit für das schnell animierte und das nicht animierte System im statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Das bedeutet, dass eine schnelle Animation im

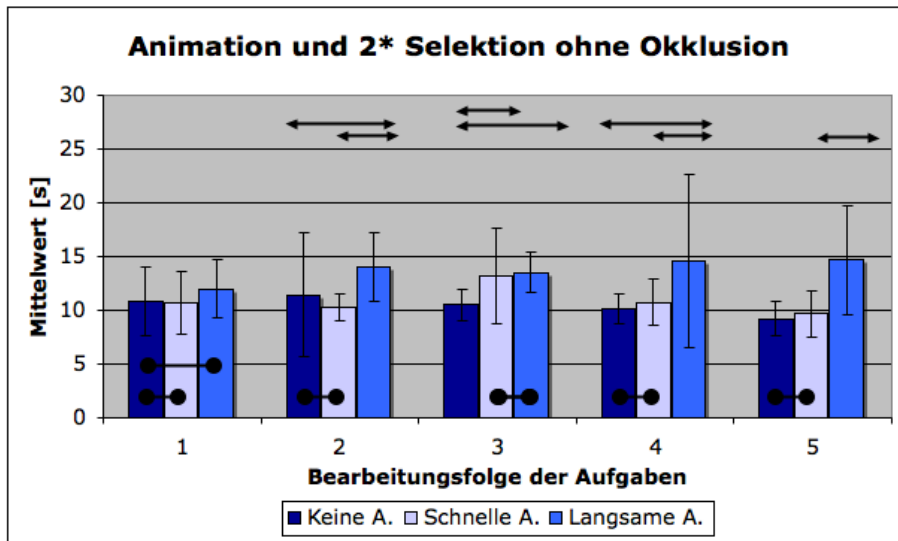


Abbildung 8.12: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Erstkontakt auch unter idealen Bedienbedingungen die Effizienz in der Ausführung nicht beeinflusst.

Bei Aufgabentyp Ani_Sel_Sel wird eine Animation gefolgt von zwei Selektionen ausgeführt. Das Diagramm in Abbildung 8.12 und Tabelle 8.8 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzen für die Bediendauern in dieser Kategorie. Nachdem die Animation nicht so stark ins Gewicht fällt, sind die Signifikanzen und die nicht statistisch aussagefähigen Ergebnisse gemischt. Es können keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Im Grunde überrascht dieses Ergebnis nicht sonderlich, da die Rolle der Animation eher in den Hintergrund tritt. Es kann lediglich in vier Fällen ein signifikanter Unterschied zwischen den animierten Konzepten und den nicht animierten

Ani_Sel_Sel: Bediendauer ohne Okklusion																
		1			2			3			4			5		
α-Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,326	0,291		0,260	0,013		0,040	0,001		0,250	0,037		0,221	0,001
	300			0,087			0,001			0,340			0,031			0,004
	1500															
	Mittlw. [s]	10,87	10,70	12,01	11,42	10,30	14,03	10,50	13,21	13,51	10,13	10,76	14,56	9,23	9,69	14,67
	Stabw. []	3,20	2,97	2,77	5,76	1,31	3,13	1,48	4,46	1,87	1,41	2,13	8,03	1,62	2,14	5,05

Tabelle 8.8: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

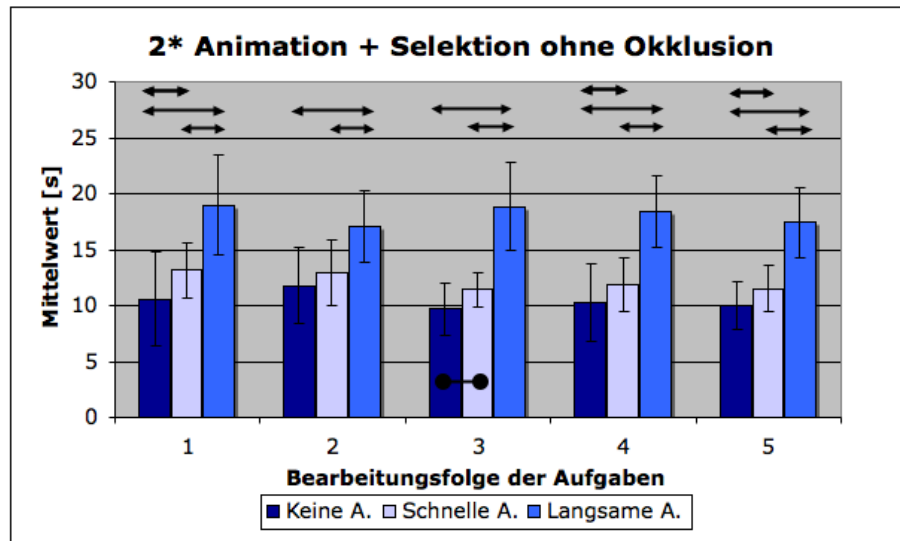


Abbildung 8.13: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Ani_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Konzepten erfasst werden.

Ani_Ani_Sel: Bediendauer ohne Okklusion																
		1			2			3			4			5		
α-Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,033	0,001		0,239	0,003		0,090	0,001		0,049	0,001		0,034	0,001
	300			0,001			0,001			0,001			0,001			0,001
	1500															
	Mittlw. [s]	10,59	13,15	18,99	11,77	12,91	17,01	9,67	11,41	18,85	10,27	11,89	18,39	10,03	11,52	11,45
	Stabw. []	4,20	2,48	4,42	3,42	2,95	3,20	2,30	1,57	3,99	3,45	2,43	3,23	2,11	2,12	3,14

Tabelle 8.9: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Ani_Sel ohne Okklusion für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

In dem Aufgabentyp Ani_Ani_Sel nimmt die Animation einen großen Anteil in der Aufgabensequenz ein. Die Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Bediendauern dieser Aufgabenkategorie sind in Abbildung 8.13 zu sehen und die zugehörigen Werte in Tabelle 8.9 aufgelistet. Für die zweite und dritte Aufgabenausprägung kann für den Vergleich des schnell animierten mit dem nicht animierten Konzept keine statistisch abgesicherte Aussage gemacht werden. Die restlichen Aufgabenausführungen erfüllen bei allen Konzeptvergleichen die Erwartung, dass sie sich signifikant unterscheiden. Die langsame Animation differenziert für jede Versuchsaufgabe signifikant von den beiden anderen Konzepten. Die schnellen Animationen unterscheiden sich für die erste, vierte

und fünfte Aufgabenausführung signifikant von dem Konzept ohne Animationen.

Unter Okklusionsbedingungen Wie im Hypothesenteil in Abschnitt 8.2.1 ausgeführt, werden für die Bedienung der Systeme unter Okklusionsbedingungen andere Ergebnisse erwartet als bei der Bedienung ohne Einschränkungen. Vermutlich wird sich das System mit den langsamen Animationsdauern wieder zu den beiden anderen Systemen mit signifikant längeren Bediendauern unterscheiden. Für die ersten Aufgabenausführungen wird bei der schnellen Animationsdauer eine signifikant kürzere Bedienzeit erwartet als bei dem System ohne Animation. Die Bediendauern der letzten Aufgabenausführungen werden sich dagegen signifikant zum Vorteil des Systems ohne Animationen erweisen.

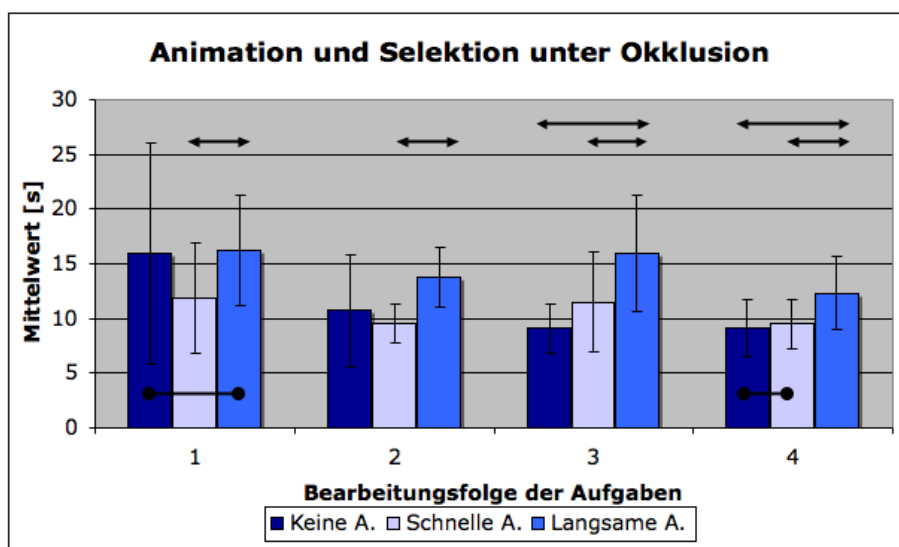


Abbildung 8.14: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Ani_Sel: Bediendauer unter Okklusion													
		1			2			3			4		
α -Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,153	0,397		0,124	0,113		0,173	0,003		0,350	0,012
	300			0,036			0,001			0,018			0,010
	1500												
	Mittlw. [s]	16,00	11,85	16,29	10,71	9,53	13,75	9,08	11,51	15,95	9,15	9,49	12,34
	Stabw. []	10,09	5,06	5,04	5,15	1,77	2,75	2,23	4,61	5,31	2,56	2,26	3,33

Tabelle 8.10: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

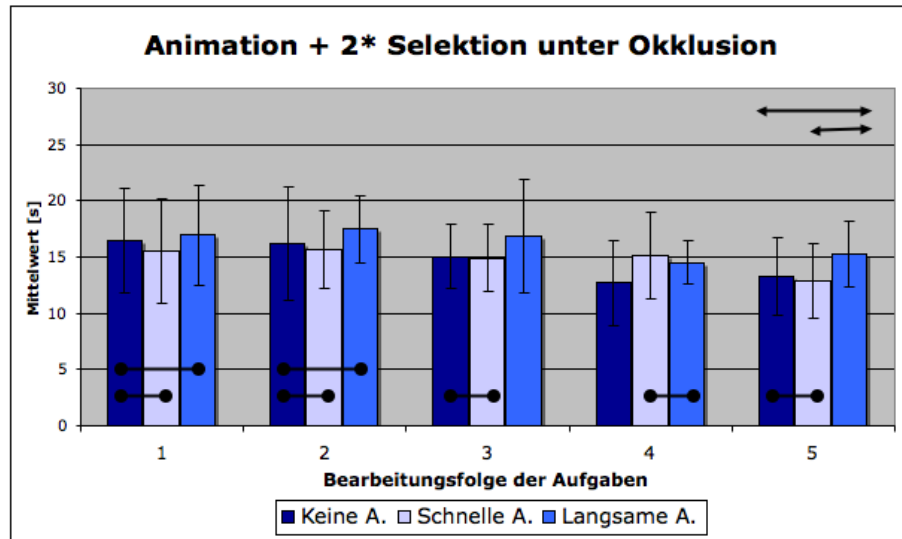


Abbildung 8.15: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Ani_Sel_Sel: Bediendauer unter Okklusion																
		1			2			3			4			5		
α-Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,285	0,439		0,250	0,403		0,369	0,097		0,183	0,196		0,285	0,024
	300			0,181			0,054			0,103			0,332			0,043
	1500															
Mittlw. [s]		16,47	15,52	16,97	16,17	15,65	17,47	15,06	14,93	16,83	12,69	15,15	14,52	13,29	12,91	15,26
Stabw. []		4,67	4,61	4,44	5,01	3,48	3,03	2,85	3,01	5,03	3,76	3,84	1,88	3,45	3,34	2,87

Tabelle 8.11: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Sel_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung für die Bediendauern des Aufgabentyps Ani_Sel unter Okklusionsbedingungen sind in Abbildung 8.14 graphisch angetragen und in Tabelle 8.10 aufgelistet. Animation und Selektion sind in diesem Fall ausgeglichen. Langsame und keine Animation unterscheiden sich in der ersten Versuchsaufgabe nicht, in der zweiten ist keine statistisch abgesicherte Aussage möglich. Erst ab der dritten Aufgabenausführung ist der erwartete signifikante Unterschied nachweisbar. Für den Vergleich von schneller mit langsamer Animation ist der signifikante Unterschied für alle Versuchsaufgaben nachweisbar. Schnelle und keine Animation unterscheiden sich in der vierten Aufgabenwiederholung nicht, für die restlichen Versuchsaufgaben kann keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Werden die Mittelwerte der einzelnen Aufgabenausführungen verglichen, dann ist der Mittelwert für die ersten beiden Aufgabenausführungen in der Tendenz in dem animierten System kürzer, für die nächste Aufgabe dreht sich die Reihenfolge um. Nachdem die Irrtumswahrscheinlichkeiten in keinem statistisch aussagefähigen Bereich liegen, kann diese Tendenz nicht belegt werden.

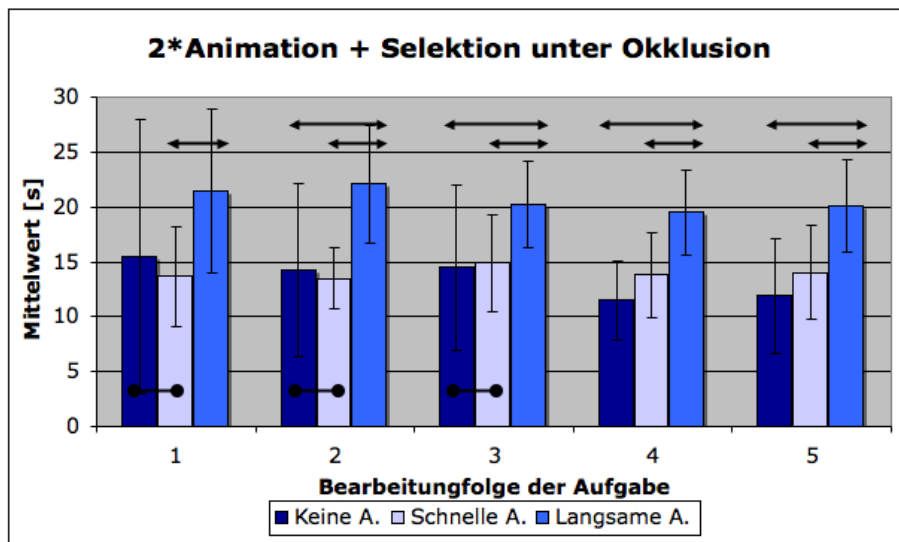


Abbildung 8.16: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Ani_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Bei der Aufgabenkategorie Ani_Sel_Sel fällt die Animation auch unter Okklusionsbedingungen weniger ins Gewicht. Die Abbildung 8.15 und die Tabelle 8.11 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen der entsprechenden Bediendauern. Die langsame Animation unterscheidet sich in den letzten zwei Aufgabenausprägungen signifikant von den beiden anderen Systemen. Für den Vergleich mit der schnellen Animation liegen die restlichen Irrtumswahrscheinlichkeiten in einem statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Bei der Gegenüberstellung mit dem unanimierten System bestehen für die ersten beiden Aufgaben unerwarteterweise keine signifikanten Unterschiede, für die beiden folgenden

8. Evaluierung von Animationen in FIS

Ani_Ani_Sel: Bediendauer unter Okklusion																
		1			2			3			4			5		
α -Fehler	v	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500	0	300	1500
	0		0,273	0,090		0,237	0,014		0,290	0,010		0,081	0,001		0,186	0,001
	300			0,003			0,001			0,001			0,001			0,001
	1500															
Mittlw. [s]		15,47	13,68	21,49	14,23	13,49	22,11	14,52	14,90	20,20	11,51	13,79	19,52	11,89	14,04	20,12
Stabw. []		12,49	4,56	7,48	7,88	2,76	5,37	7,53	4,42	3,96	3,59	3,85	3,89	5,19	4,32	4,21

Tabelle 8.12: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauern im Aufgabentyp Ani_Ani_Sel unter Okklusionsbedingungen für keine (0ms), schnelle (300ms) und langsame (1500ms) Animationen.

Aufgaben können keine statistischen Aussagen gemacht werden. Zwischen schnellen und keinen Animationen lässt sich für die vierte Aufgabe keine statistisch abgesicherte Aussage machen. Für alle anderen Aufgaben liegt keine signifikante Diskrepanz zwischen schneller Animation und keiner Animation vor.

Letztlich können für den Aufgabentyp Ani_Ani_Sel, wie prognostiziert, statistisch signifikante Unterschiede für alle Aufgabenausführungen zwischen den langsamen Animationen und den zwei restlichen Systemen nachgewiesen werden, siehe Abbildung 8.16 und Tabelle 8.12. Lediglich in der ersten Versuchsaufgabe kann zwischen schneller und keiner Animation keine statistisch abgesicherte Aussage gemacht werden.

Interessant werden die Ergebnisse für den Vergleich zwischen schneller und keiner Animation. Statistisch lassen sich für die letzten zwei Aufgabenausführungen keine statistisch abgesicherten Aussagen machen. Für die ersten zwei Ausführungen ist, wie erwartet, keine signifikante Differenz nachweisbar. Beim paarweisen Vergleich der Mittelwerte lassen sich die gleichen Effekte wie bei dem Aufgabentypen Ani_Sel feststellen: Für die ersten Aufgabenausprägungen stellt die schnelle Animation die effizientere Systemvariante dar, für die letzten dagegen das System ohne Animation. Allerdings kann diese Beobachtung nicht statistisch belegt werden.

Subjektive Ergebnisse Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass elf der zwölf Versuchspersonen eine Animation bevorzugen, davon zehn die schnelle Animation. Im zweiten Teil des Fragebogens bewerteten die Versuchspersonen verschiedene Eigenschaften von Animationen bezüglich der schnellen Animation und der langsamen Animation auf einer Likert Skala von -2 (stimme nicht zu) bis 2 (stimme zu). Die Ergebnisse sind in Abbildung 8.17 dargestellt. Die Befragung zeigte, dass die schnelle Animation insgesamt besser abschneidet, als die langsame. Die langsame Animation wurde im Gegenteil zur Schnellen insgesamt als äußerst störend (schnell: -1,44 und langsam: 1,06) und nervend (schnell: -0,5, langsam: 1,83) empfunden. Das Verständnis konnte insbesondere mit der schnellen Animation subjektiv gesteigert werden.

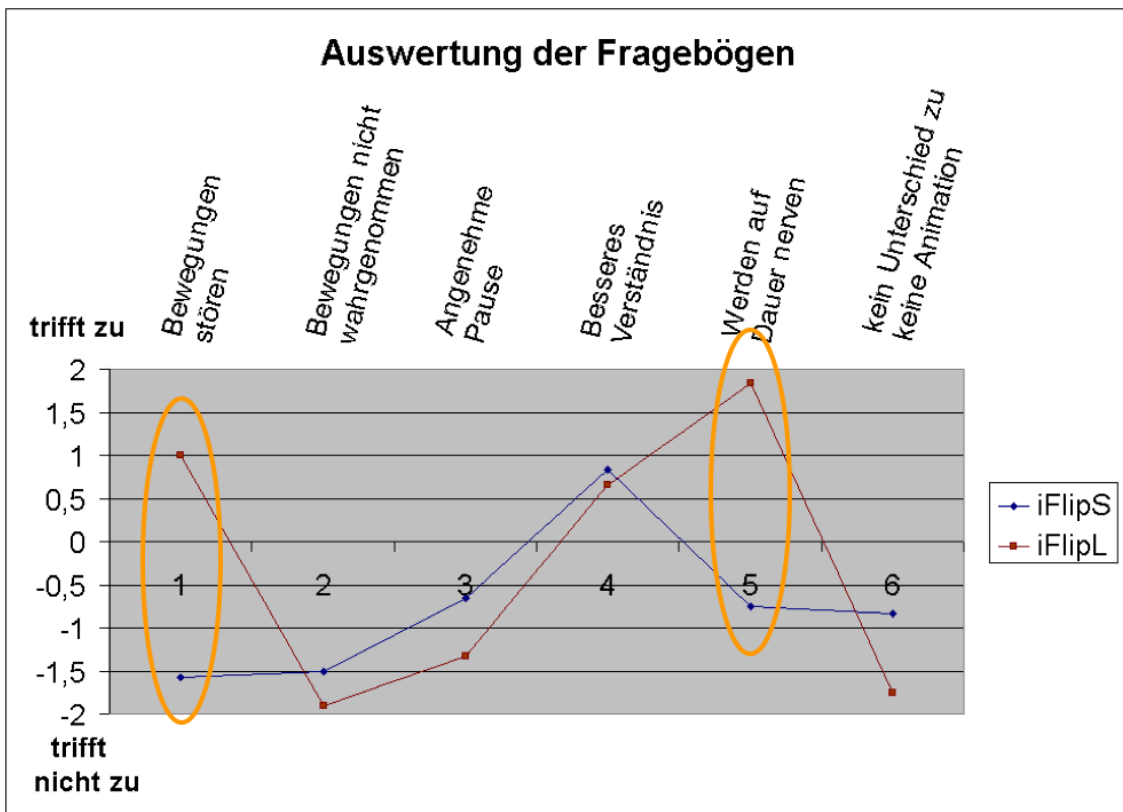


Abbildung 8.17: Subjektive Beurteilung der schnellen (iFlipS) und der langsamen (iFlipL) Animation hinsichtlich verschiedener Kriterien.

8.2.5. Schlussfolgerungen

Nachfolgend sollen die Ergebnisse und Auswertungen für den Vergleich verschiedener Animationsgeschwindigkeiten durch die Okklusionsmethode zusammengefasst, interpretiert und mit den Hypothesen abgeglichen werden. Die Hypothese A_Geschw_Eff1 nach der Animationen ohne dominante Nebenaufgabe immer das uneffizientere System darstellen, konnte nicht vollständig bewiesen werden. Vielmehr sind besonders für den Erstkontakt, also die ersten ein bis drei Aufgabendurchführungen keine signifikanten bzw. keine statistischen Aussagen nachweisbar.

Zusammenfassend stellte sich die langsame Animation bezüglich der Effizienz als ungünstigste Variante heraus. Die Hypothese A_Geschw_Eff2 konnte bestätigt werden.

Dagegen zeigte sich die schnelle Animation in allen drei Aufgabentypen während der Okklusion, also der Rückwendung zur Fahraufgabe, für die ersten zwei Aufgabenausprägungen in der Tendenz, aber ohne Signifikanz, effizienter als die Lösung ohne Animation. Damit kann eine schnelle Animation im Erstkontakt zu einer Steigerung hinsichtlich der Erlernbarkeit beitragen. Dieser Effekt relativiert sich ab der dritten Aufgabenwiederholung und die Zeit, die die Animation benötigt, schlägt sich als Verlängerung nieder.

Nach der statistischen Auswertung kann A_Geschw_Eff3 nicht nachgewiesen werden. Hypothese A_Geschw_Eff4, nach der ein nichtanimiertes Konzept nach einer Eingewöhnungsphase ein schnelleres System darstellt, als ein animiertes Konzept, konnte in allen Aufgabenkategorien und Bedingungen gezeigt werden.

Letztlich konnte in den subjektiven Befragungen eindeutig gezeigt werden, dass die Probanden ein animiertes Konzept bevorzugen, aber lange Animationszeiten nicht akzeptieren. Die Hypothesen A_Geschw_Attr1 und A_Geschw_Attr2 können daher angenommen werden.

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass sich für die Intuitivität und den Erstkontakt von FIS durch erklärende Animationen gerade während der Okklusion ein positiver Effekt gegenüber dem System ohne Animation beobachten lässt. Dieses Resultat wird zwar in keiner Aufgabe signifikant, allerdings ist der Effekt über alle Aufgabentypen durchgängig vorhanden.

Bezüglich der Akzeptanz schneidet ein Anzeige-/Bedienkonzept für FIS mit Animationen deutlich besser ab, als ohne Animation. Die Erkenntnisse aus diesem Versuch können zur Konzeption neuer benutzerfreundlicher Systeme herangezogen werden. Eine Möglichkeit ist ein adaptives System, das selbstständig die Animationszeit nach einer gewissen Lernphase an den Expertenstatus des Benutzers anpasst. Für beide Aussagen ist essentiell, dass für die Animationen die entsprechenden Dauern gewählt werden. Animationen sollten als Bestandteil von FIS nicht kategorisch abgelehnt werden, sondern differenziert betrachtet als konzeptueller Bestandteil mit angemessener Geschwindigkeit eingesetzt werden.

8.3. Interferenzen des Animationspfads mit der Fahraufgabe

Die in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Animationen bewirken eine sehr geringe Veränderung der virtuellen Welt aus dem graphischen Interaktionskonzept. Beispielsweise wird die Rotationen eines Elements um eine ihrer Hauptachsen ausgeführt, um die Rückseite einer der Interaktionstafeln zu aktivieren. Der Blickpunkt des Betrachters bleibt fest und das Gesamtkoordinatensystem der virtuellen Welt verändert sich nicht.

Interaktionsformen mit dreidimensionalen Bedienoberflächen können, wie in Abschnitt 2.4.6 beschrieben, in die Kategorien Manipulation, Travel, Wayfinding, System Input und Symbolic Input eingeteilt werden [42]. Die Führung eines Kraftfahrzeugs lässt sich in die drei Ebenen Navigation, Führung und Stabilisierung klassifizieren, siehe Abschnitt 2.3.3 [34]. Zwischen dreidimensionaler Interaktion und Kraftfahrzeugführung existieren innerhalb der damit verbundenen Aufgaben Ähnlichkeiten. Es können Interferenzen bei der Bedienung eines dreidimensionalen FIS während des Ausübens der Fahraufgabe auftreten. Laut Treishman lassen sich zwei parallele Aufgaben miteinander vereinbaren, wenn sie besonders unterschiedlich sind [10].

Es wird vermutet, dass sich Navigation und Travel, sowie Stabilisierung und Wayfinding gegenseitig beeinflussen. In dieser Studie soll überprüft werden, inwiefern eine

Navigation in der realen Welt (Fahraufgabe) und eine Navigation in einer virtuellen Welt (Interaktion) zu Interferenzen führen kann.

Es werden drei verschiedene Animationsarten gegeneinander getestet, die in Abschnitt 6.2.2 detailliert beschrieben sind:

- **Fenster:** Der Ursprung des Betrachters und der virtuellen Welt bleibt fest. Lediglich die Ausrichtung einzelner Elemente wird durch Benutzeraktionen verändert. Dieses System wurde bereits in den vorhergehenden Studien verwendet.
- **Würfel:** Der Ursprung des Betrachter bleibt fest. Um zu einem der Untermenüs zu gelangen, wird die gesamte virtuelle Welt, ähnlich zu einem Würfel, zu der entsprechenden Stelle gedreht. Es wird von einem exozentrischen Interaktionskonzept gesprochen.
- **Raum:** In diesem Konzept verändert sich die virtuelle Welt nicht. Der Blickpunkt des Betrachters wandert durch die virtuelle Welt als würde er sich durch den Raum bewegen und sich zu dem entsprechenden Menüpunkt wenden. In diesem Fall handelt es sich um eine egozentrische Umsetzung.

8.3.1. Hypothesen

Im Folgenden werden Hypothesen formuliert, die Vorhersagen über die Unterschiede der Systeme in den Kenngrößen erlauben. Es wird angenommen, dass die Navigation durch die reale Welt zu Interferenzen mit einer gleichzeitigen Interaktion in einer künstlichen Welt führt. Die Interferenzen, die durch die Navigation in der realen Welt mit der Navigation in der virtuellen Welt erwartet werden, führen dazu, dass je stärker die Navigation der Navigation durch die reale Welt gleicht, desto länger der Benutzer zur Ausführung einer Aufgabe benötigt. Je mehr sich die Szenerie durch die Navigation durch die virtuelle Welt ändert, desto schwieriger ist es für den Benutzer sich zu orientieren.

- **Hypothese Navi_Eff1:** Es wird angenommen, dass während der Fahrt das System Fenster schneller bedient werden kann als der Würfel und dieser wiederum schneller als der Raum. Signifikante Unterschiede in den Bedienzeiten während des LCTs können die Hypothese belegen.
- **Hypothese Navi_Eff2:** Bezüglich der Bediengeschwindigkeit wird die gleiche Reihenfolge der Systeme wie in Hypothese Navi_Eff1 erwartet, wenn zeitgleich keine Fahraufgabe ausgeführt wird.
- **Hypothese Navi_Attr:** Die Attraktivität der Animationspfade erzeugt eine analoge Reihenfolge wie in den oben formulierten Hypothesen.

Aufgrund der Erfahrungen aus den vorangegangenen Experimenten wird für die Spurhaltung aus dem LCT keine Prognose gegeben. Der LCT dient in diesem Versuch lediglich als Bereitstellung einer der Kraftfahrzeugführung ähnlichen Aufgabe, die Spurhaltung wird als Maß nicht weiter betrachtet.

8.3.2. Aufgaben

Bei den Aufgaben soll eine hohe Frequenz an unterschiedlichen Navigationswegen durch das Menü erzeugt werden. Daher werden die Aufgaben entsprechend formuliert, dass möglichst unterschiedliche Bereiche der Interaktionsoberfläche angesteuert werden. Die Versuchspersonen müssen sich einen guten Überblick über das System verschaffen. Es werden daher fünf Aufgabenkategorien entworfen zu denen jeweils drei leicht unterschiedliche Variationen durchgeführt werden.

Jede Aufgabe wird abgeschlossen, indem der Benutzer ins Hauptmenü zurückkehrt. In dieser Studie wurde im Gegensatz zu den vorherigen Experimenten mit dem LCT die Reihenfolge der Aufgaben nicht permutiert, da die Lerneffekte von Interesse sind.

8.3.2.1. Aufgabenkategorie Radio

Ein Radiosender soll manuell eingestellt werden. Das Menü zum Verstellen des Senders befindet sich auf der Vorderseite der linken Menütafel. Der Proband aktiviert durch zweimaliges Schieben des ZBE nach links das Untermenü „manuell“ und kann durch Drehen die geforderte Sendefrequenz auswählen und durch Drücken aktivieren. Durch die Betätigung der Menütaste wechselt der Proband zum Hauptmenü zurück. Die Versuchsperson musste folgende Aufgabenvariationen absolvieren.

1. Stellen Sie die Frequenz 94.2 am Radio ein und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Frequenz 93.9 am Radio ein und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
3. Stellen Sie die Frequenz 94.3 am Radio ein und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

Die Systeme unterscheiden sich hinsichtlich des Bedienelements, der Graphik und der Menüstruktur nicht. Anhand der ersten Aufgabenvariation ist der Ablauf für das System Fenster in Abbildung 8.18, für das System Würfel in Abbildung 8.19 und für das System Raum in Abbildung 8.20 exemplarisch dargestellt.

8.3.2.2. Aufgabenkategorie Klang

Es wird das Verstellen der Klangeinstellungen adressiert. Das zugehörige Menü befindet sich auf der Rückseite der linken Menütafel.

1. Stellen Sie die Bässe zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Höhen zwei Stufen tiefer und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü
3. Stellen Sie den Fader zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü

8.3. Interferenzen des Animationspfads mit der Fahraufgabe

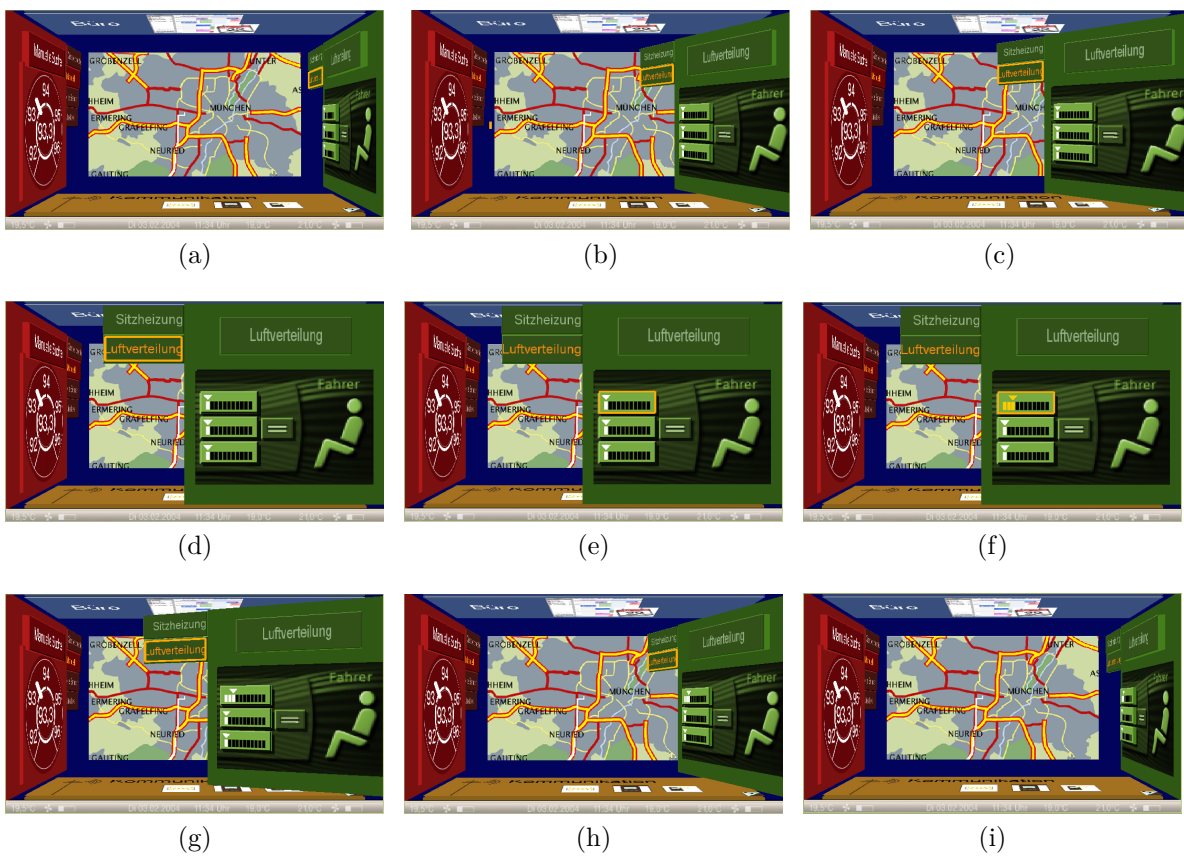


Abbildung 8.18: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Klima in dem System Fenster.

8. Evaluierung von Animationen in FIS

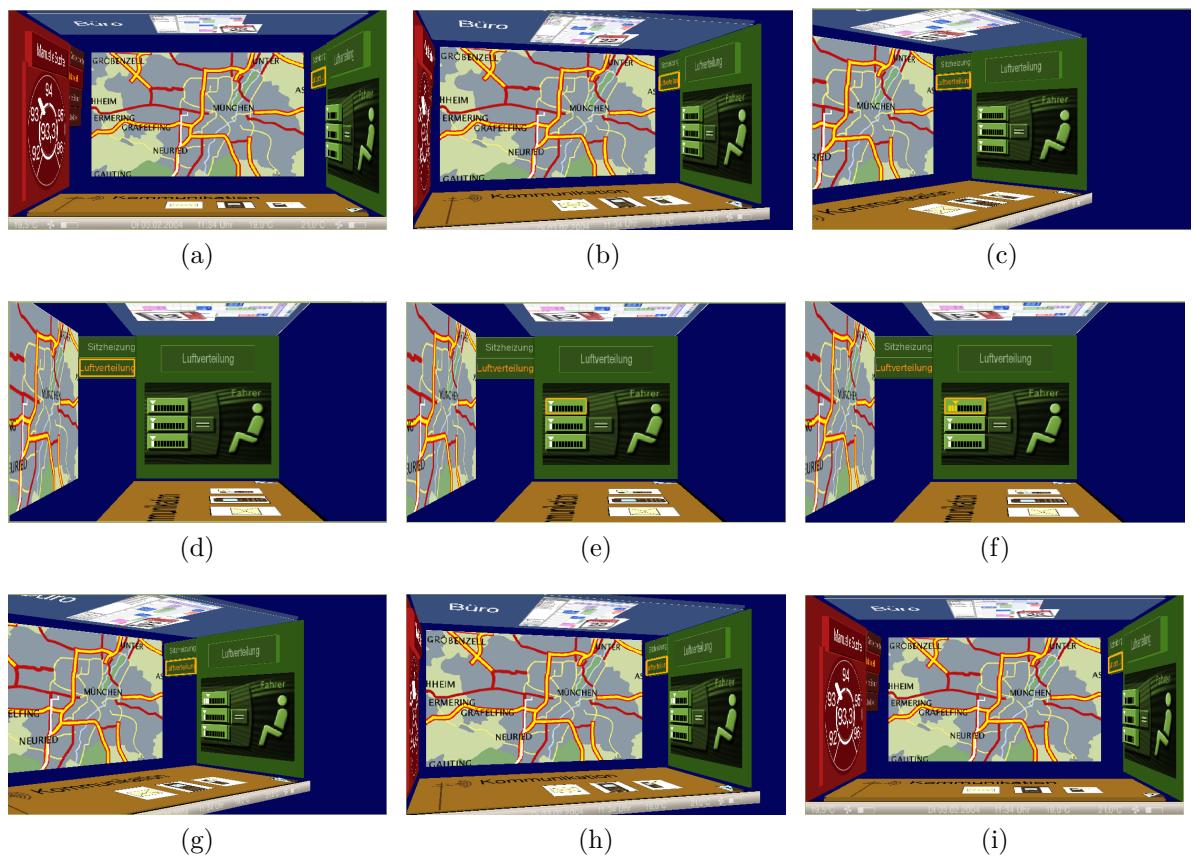


Abbildung 8.19: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Klima in dem System Würfel.

8.3. Interferenzen des Animationspfads mit der Fahraufgabe

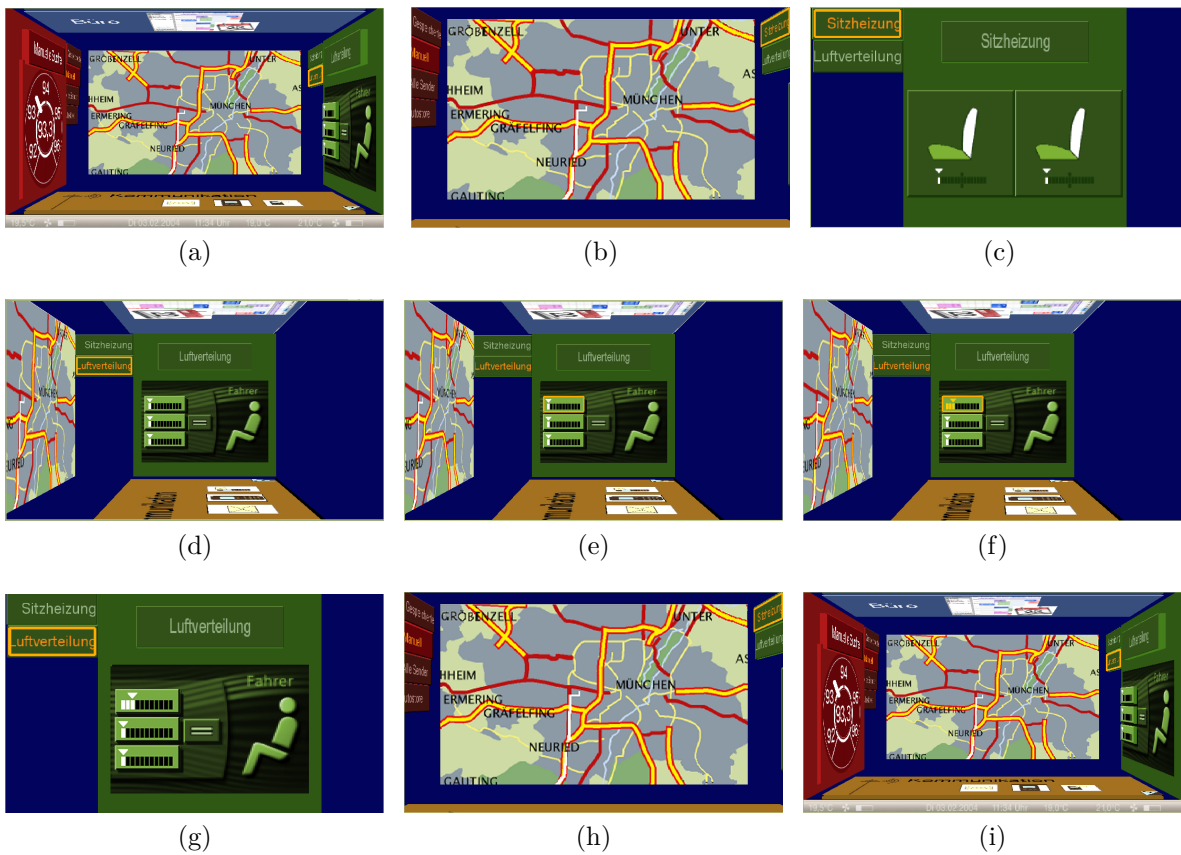


Abbildung 8.20: Exemplarischer Ablauf bei der Aufgabenkategorie Klima in dem System Raum.

8.3.2.3. Aufgabenkategorie Karte

Die Kartenansicht der Navigationskarte soll verändert werden. Die Einstellungen zur Navigationskarte können auf der Rückseite des Zentralmenüs verändert werden.

1. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „Pfeilansicht“ und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Sprachhinweise zur Navigation aus und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
3. Verändern Sie die Ausrichtung der Navigationskarte auf „nordweisend“ und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

8.3.2.4. Aufgabenkategorie Telefon

Es sollen die Einstellungen zur Kommunikation modifiziert werden. Dazu muss der Benutzer auf die Rückseite der unteren Menütafel navigieren.

1. Schalten Sie die Option „anklopfen“ auf aus und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Rufonlautstärke um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
3. Stellen Sie die Sprecherlautstärke um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

8.3.2.5. Aufgabenkategorie Klima

Letztlich werden die Klimateinstellungen angepasst. Die Klimateinstellungen befinden sich auf der Vorderseite der rechten Menütafel.

1. Stellen Sie die Luftverteilung „oben“ um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
2. Stellen Sie die Luftverteilung „mitte“ um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.
3. Stellen Sie die Luftverteilung „unten“ um zwei Stufen höher und wechseln Sie zurück zum Hauptmenü.

8.3.3. Versuchsdurchführung

8.3.3.1. Versuchsaufbau

Die Untersuchung findet im *Usability Labor* der *BMW Forschung und Technik* statt und ähnelt den Aufbauten am Lehrstuhl für Ergonomie an der TU München stark. Zur Simulation der Fahraufgabe wird abermals der LCT benutzt. Abbildung 8.21 zeigt eine Versuchsperson während der gleichzeitigen Ausführung des LCT und der Interaktion mit 3D iFlip.

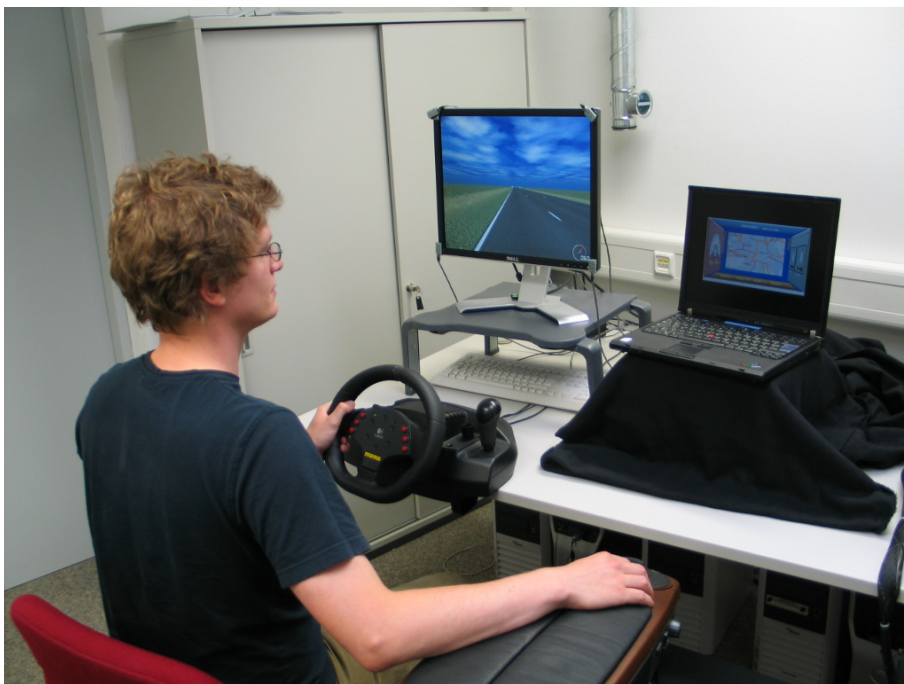


Abbildung 8.21: Versuchsaufbau mit Versuchsperson.

Diesmal wird kein Blickerfassungssystem angeschlossen. Das Blickverhalten spielt bei der Fragestellung eine untergeordnete Rolle, da vor allem die kognitive Belastung der Teilnehmer gemessen werden soll. Sie soll durch die Bediendauern angenähert werden. Die Systeme unterschieden sich lediglich in der Art der Animation. Die restlichen Faktoren der Animation sind normiert: zeitlich wurden die Animationen auf 500 ms angeglichen und nur benutzerinitiiert ausgelöst. Es wurde durch informelle Vortests mit der Okklusionsmethode eine Zeit von 500 Sek gewählt. Komplexe Animationen sind für den Benutzer wahrnehmbar und verständlich ohne zuviel Zeit von der eigentlichen Interaktion zu verlieren.

8.3.3.2. Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 15 Probanden im Alter zwischen 24 und 36 Jahren teil, mit einem Durchschnitt von 27,47 Jahren. Zwei der Versuchspersonen waren weiblich.

8.3.3.3. Ablauf

Im Folgenden wird der Ablauf der Untersuchung beschrieben, der in Abbildung 8.22 dargestellt ist.

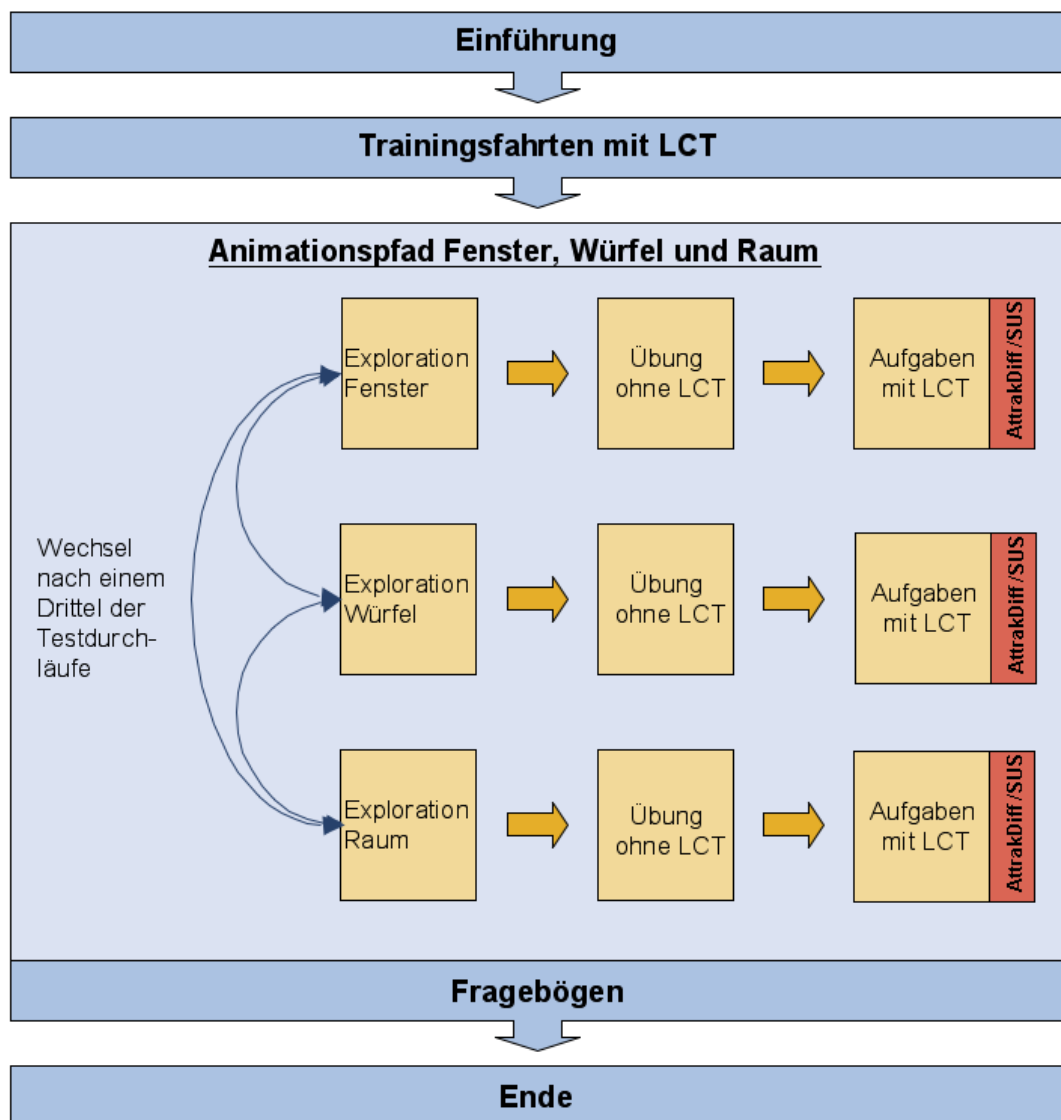


Abbildung 8.22: Versuchsablauf zum Vergleich verschiedener Animationspfade in drei-dimensionalen FIS in einem LCT.

Als erstes füllen die Versuchspersonen einen Fragebogen zu ihren demographischen Daten sowie ihren Vorkenntnissen bezüglich des Autofahrens und dem Umgang mit technischen Geräten aus. Im Anschluss wird eine Basisfahrt mit dem LCT vorgenommen, um den Probanden mit dieser Art der Fahraufgabe vertraut zu machen.

Die Versuchspersonen führen im Stand alle Aufgaben einmal im Training durch. Die Bearbeitungsdauer der Aufgaben wird manuell gestoppt und notiert. Im Anschluss an das Trainingsintervall absolvieren die Probanden den LCT gleichzeitig mit den Aufgaben in dem FIS.

Diese Prozedur des Trainings im Stand und der Aufgabenausführung während der Fahrt wird mit allen drei Systemen vollzogen. Demnach führt jede Versuchsperson alle Aufgaben mit allen drei Systemen durch, wobei die Aufgabenreihenfolge konstant bleibt, um die Erlernbarkeit bewerten zu können. Die Folge der Systeme dagegen wird permutiert, um Lerneffekte zwischen den Systeme auszuschließen. Nach den Aufgabenausführungen mit dem jeweiligen System füllen die Versuchspersonen auf das System bezogene Fragebögen aus. Hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit wird der standardisierte SUS verwendet [43], hinsichtlich der Attraktivität, der AttrakDiff [88].

Nachdem alle drei Systeme getestet wurden, misst ein vergleichender Fragebogen die Präferenzen der Probanden hinsichtlich der Systeme, der wie die anderen Fragebögen im Anhang der Arbeit enthalten ist.

8.3.4. Ergebnisse

Es werden Kenngrößen ermittelt, die eine Einschätzung des Navigationspfades in virtuellen Menüsystemen erlauben. Die Bearbeitungsdauern der Aufgaben während des Trainings und während des LCTs werden aufgezeichnet. Dadurch können Aussagen zur Effizienz und zur Erlernbarkeit getroffen werden.

Subjektive Befragungen ergänzen die Datenerhebung. Der SUS erlaubt eine Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit und der AttrakDiff eine Bewertung der Attraktivität aus Sicht der Versuchsperson. Präferenzen hinsichtlich verschiedener Aspekte beispielsweise zur Ablenkung von der Fahraufgabe runden die subjektiven Befragungen ab.

8.3.4.1. Objektive Ergebnisse

Effizienz Die Hypothesen aus Abschnitt 8.3.1 lassen Prognosen über die Ergebnisse der statistischen Auswertung zu. Es wird angenommen, dass das System Fenster am besten, das System Würfel mittel und das System Raum am schlechtesten hinsichtlich der Bediendauern abschneiden.

Die statistische Auswertung der in Abbildung 8.23 angetragenen Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Aufgabenkategorien ergeben keine signifikanten Unterschiede. Auf eine tabellarische Auflistung der Werte wird aus diesem Grund verzichtet. Allerdings ergeben die Mittelwerte für jeden Aufgabentypen die gleiche Systemreihenfolge. Jedes Mal ist das System Fenster am schnellsten gefolgt von dem System Würfel sowie

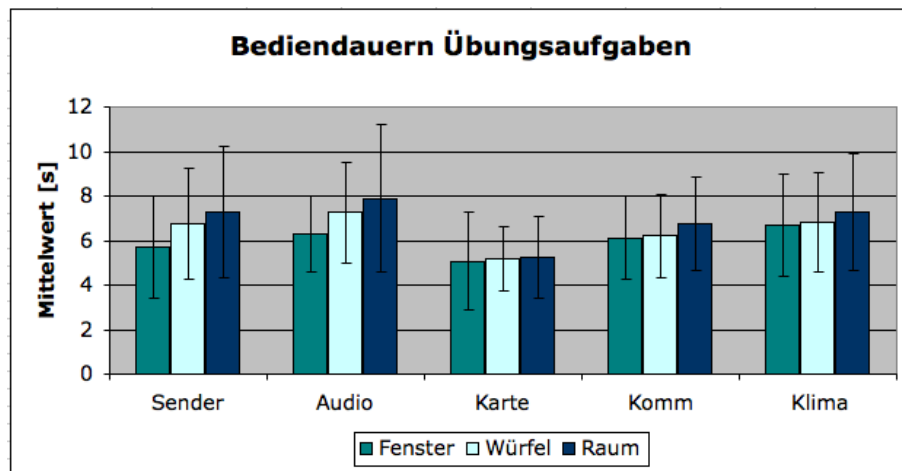


Abbildung 8.23: Bearbeitungsdauern im Training ohne Fahraufgabe für die fünf Aufgabentypen über die drei verschiedenen Systeme Fenster, Würfel und Raum

dem System Raum auf dem letzten Platz. Die konstante Reihenfolge der Systemmittelwerte für die Bediendauern lässt vermuten, dass dennoch ein signifikanter Unterschied vorliegt.

Während des gleichzeitigen Ausführens des LCT, siehe Abbildung 8.24, lassen sich ähnliche Betrachtungen für die Bediendauern zum Training machen. Die Aufgaben dauern im Schnitt 1,78 Sekunden länger als in der Trainingsperiode. Entgegen den Erwartungen lässt sich ebenfalls während des LCTs kein signifikanter Unterschied nachweisen. Daher wird ebenfalls auf eine Auflistung der Werte verzichtet. Die Tendenz, dass sich die Mittelwerte zu der Bediendauer in der Reihenfolge Fenster, Würfel, System einordnen lassen, wird bis auf eine Ausnahme in allen Aufgabenkategorien repliziert.

8.3.4.2. Subjektive Ergebnisse

Es werden unterschiedliche Fragebogentechniken angewendet, um subjektive Aussagen über die Systeme zu gewinnen. Nachdem alle Aufgaben mit einem System gelöst sind, füllt der Proband einen Fragebogen aus. Er ist in drei Teile untergliedert: zum einen in den SUS, ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung von Fragestellungen zur Gebrauchstauglichkeit wie Effektivität, Effizienz und Erlernbarkeit. zum anderen mit speziellen Fragen zur Animationsart des gerade getesteten Systems. Der AttrakDiff Fragebogen zur Messung der Attraktivität schließt diesen systemspezifischen Fragebogen ab. Nachdem die Versuchsperson alle drei Systeme getestet hat, wurden die Versuchspersonen aufgefordert ihre Präferenzen in einem abschließenden Fragebogen abzugeben, indem sie die Systeme bezüglich verschiedener Kriterien in Rangreihenfolgen brachten. Alle Fragebögen sind im Anhang der vorliegenden Arbeit nachschlagbar.

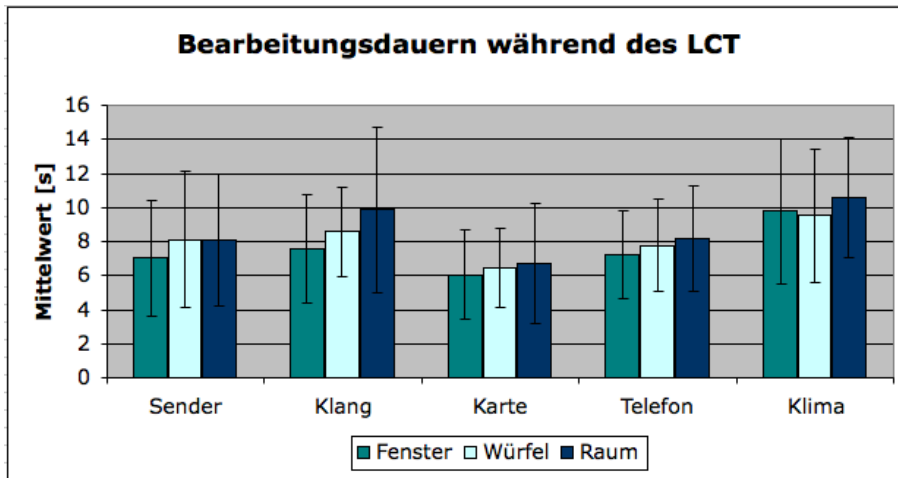


Abbildung 8.24: Bearbeitungsdauern während des LCT für die fünf Aufgabentypen über die drei verschiedenen Systeme Fenster, Würfel und Raum

SUS - Ergebnisse zur Gebrauchstauglichkeit Die Auswertung des SUS ergibt für alle drei Bereiche, Effektivität, Effizienz und Erlernbarkeit unterschiedliche Bilder.

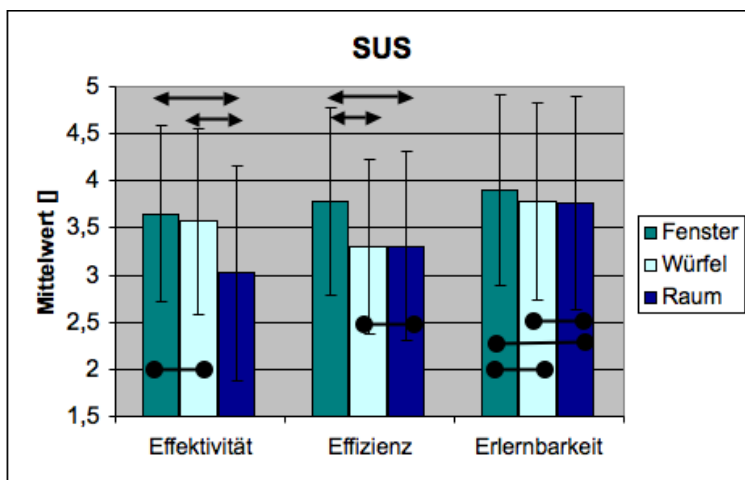


Abbildung 8.25: Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Systeme Fenster, Würfel und Raum durch die Probanden.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung hinsichtlich Mittelwert, Standardabweichung und α -Fehler sind in Abbildung 8.25 graphisch aufbereitet. Hinsichtlich der Effektivität unterscheiden sich die Systeme Fenster und Würfel nicht voneinander. Das System Raum schneidet im Vergleich zu den beiden anderen Systemen signifikant schlechter ab.

Hinsichtlich der Effektivität unterscheiden sich die Systeme Würfel und Raum nicht. Das Fenstersystem wird gegenüber beiden anderen Systemen als signifikant schneller eingeschätzt. Obwohl keine signifikanten Ergebnisse in den objektiven Datenerhebungen

8. Evaluierung von Animationen in FIS

SUS										
		Effektivität			Effizienz			Erlernbarkeit		
Variante		Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum
α -Fehler	Fenster		0,791	0,011		0,010	0,003		0,514	0,560
	Würfel			0,007			0,682			0,926
	Raum									
Mittl. []		3,65	3,78	3,02	3,78	3,30	3,31	3,90	3,78	3,76
Stabw. []		0,93	0,98	1,14	0,99	0,93	1,00	1,01	1,05	1,12

Tabelle 8.13: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Systeme Fenster, Würfel und Raum durch die Probanden.

gefunden werden können, bestätigt das subjektive Empfinden der Versuchsteilnehmer die Tendenz, dass das Fenstersystem konstant schneller abschneidet. Anschließend unterscheiden sich alle drei Systeme bezüglich der Erlernbarkeit nicht.

Fragen zur Animation Die Resultate der Erhebung bezüglich verschiedener Eigenschaften der Animation in Abbildung 8.26, stützen die bisherigen Ergebnisse.

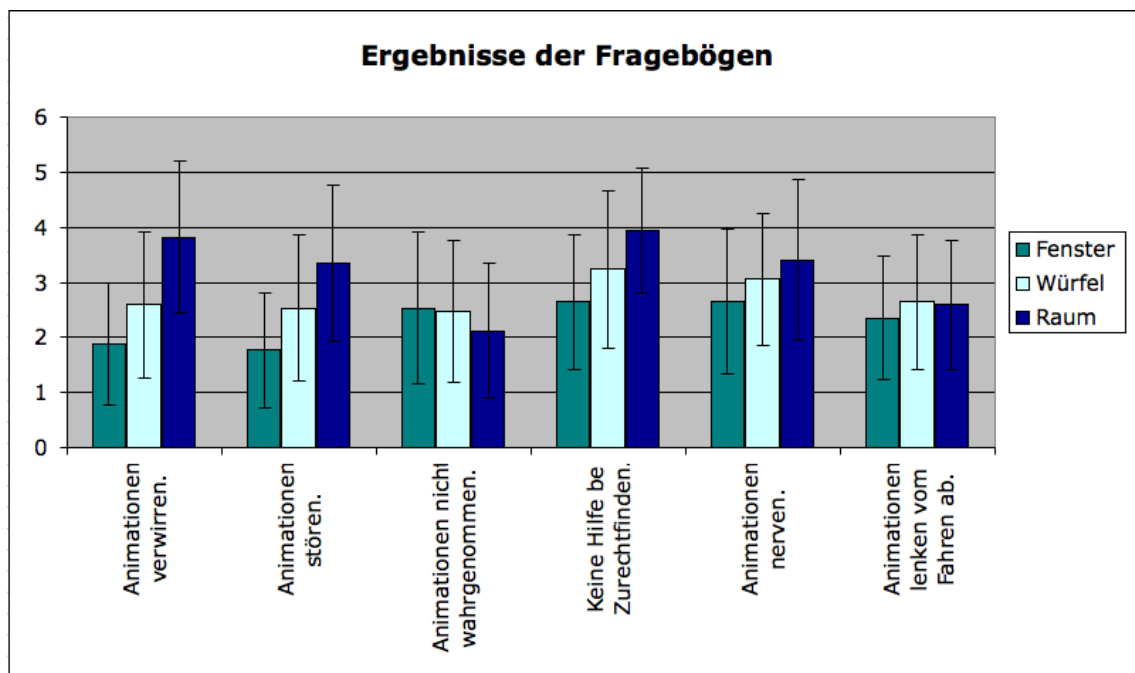


Abbildung 8.26: Ergebnisse des Fragebogens über verschiedene Fragestellungen über die Animationen der drei verschiedenen animierten Systeme Fenster, Würfel und Raum

Die Versuchspersonen bewerten das System Raum als verwirrend und dessen Bewegungen der Animation als störend. Das System Würfel schneidet dabei neutral ab und

das System Fenster positiv. Die Bewegungen der Animation werden bei allen Systemen ähnlich wahrgenommen, wobei hier die Bewegungen in dem System Fenster weniger bemerkt wurden, als bei dem Würfel oder dem Raum.

Die Auswertung der Frage nach der Hilfe, die die Versuchspersonen durch die Animationen zum Zurechtfinden in dem System empfinden, ergibt, dass das Fenster vor dem Würfel gefolgt von dem Raum am hilfreichsten wahrgenommen wird.

Die Versuchspersonen geben an, dass die Bewegungen der Animation des Raumes sie am ehesten nerven und vom Fahren ablenken, gefolgt von Würfel und Fenster. Damit werden die Animationen des Fenstersystems am angenehmsten, hilfreichsten und am wenigsten störend wahrgenommen. Das Würfelsystem schneidet bei der Auswertung immer in der Mitte ab und liegt genau zwischen den zwei anderen Systemen. Letztlich wird das Raumsystem am schlechtesten bewertet.

AttrakDiff - Ergebnisse zur Attraktivität Die Auswertung des AttrakDiff unterstützt die in den vorherigen Auswertungen gewonnenen Erkenntnisse.

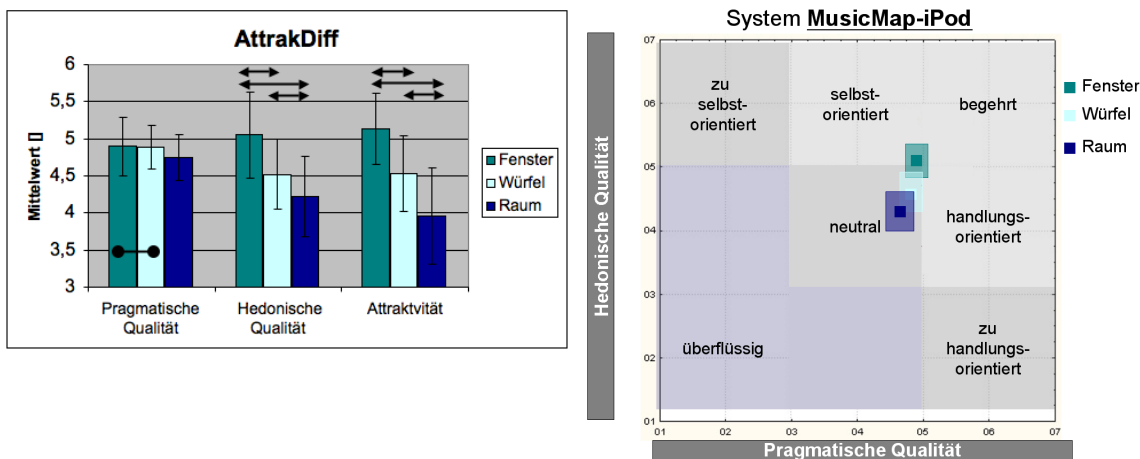


Abbildung 8.27: Ergebnisse des AttrakDiff über die drei verschieden animierten Systeme Fenster, Würfel und Raum

Bezüglich der pragmatischen Qualität liegen die drei Systeme sehr eng in der übliche Reihenfolge Fenster, Würfel und Raum beieinander. Zwischen Fenster und Würfel besteht kein Unterschied, die Ergebnisse zwischen dem System Raum und dem restlichen Systemen liegen im statistisch nicht auswertbaren Bereich. Da Funktionalität, Struktur und Aussehen der drei Systeme exakt gleich ist, ist dieses Ergebnis reliabel. Bei der hedonischen Qualität bleibt die Reihenfolge erhalten, aber die Werte aller drei Systeme unterscheiden sich wie erwartet signifikant. Das gleiche Bild und Signifikanz wird bei der Attraktivität, also der Gesamtwahrnehmung des Systems, bestätigt.

Subjektive Präferenzen Ein abschließender Fragebogen fordert die Probanden dazu auf Rangfolgen bezüglich verschiedener Fragestellungen zu den drei Systemen zu bilden.

8. Evaluierung von Animationen in FIS

AttrakDiff										
		Prag. Qualität			Hed. Qualität			Attraktivität		
		Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum
α -Fehler	Fenster		0,369	0,097		0,002	0,001		0,001	0,001
	Würfel			0,087			0,024			0,001
	Raum									
Mittl. []		4,90	4,89	4,75	5,05	4,52	4,22	3,90	4,54	3,96
Stabw. []		0,40	0,29	0,31	0,58	0,47	0,54	1,01	0,51	0,65

Tabelle 8.14: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Attraktivität der Systeme Fenster, Würfel und Raum durch die Probanden.

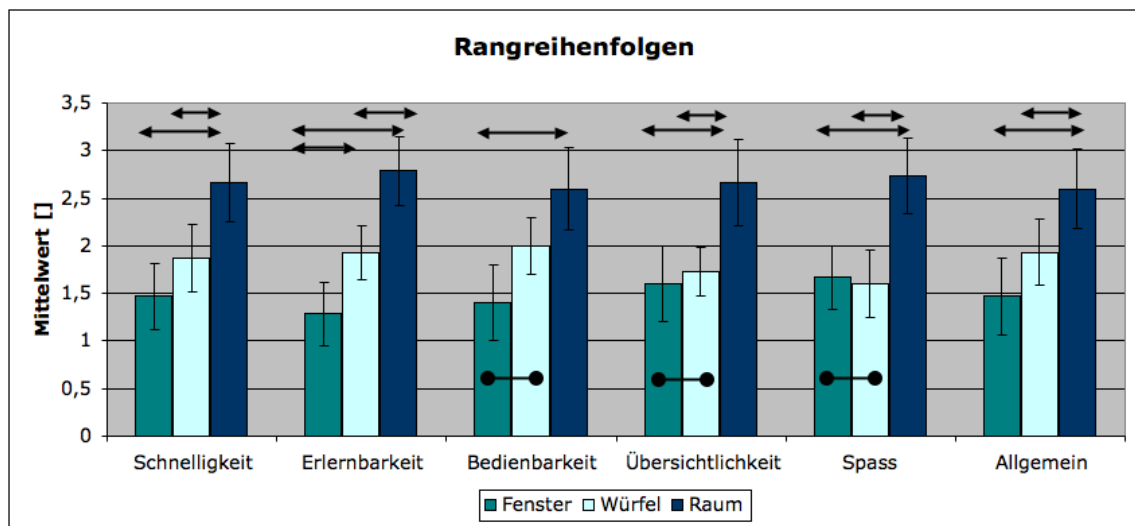


Abbildung 8.28: Ergebnisse der Bildung von Rangreihenfolgen bezüglich verschiedener Eigenschaften über die drei verschiedenen animierten Systeme Fenster, Würfel und Raum.

Bei den Fragen nach der Schnelligkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit und Übersichtlichkeit ergibt sich wiederum die gleiche Rangfolge, wie sie in den vorherigen Auswertungen beobachtet wurde: Fenster, Würfel, Raum. Hinsichtlich der Bedienbarkeit, der Übersichtlichkeit und des Spaßfaktors liegen zwischen Fenster und Würfel keine signifikanten Unterschiede vor. Bei der allgemeinen Bevorzugung kann zu diesen beiden Systemen keine statistisch abgesicherte Aussage getätigt werden. Alle anderen Ergebnisse unterscheiden sich signifikant. Im Speziellen schneidet der Raum mit seinem egozentrischen Animationspfad wie erwartet signifikant schlechter ab, als die beiden exozentrischen Systemvarianten.

Ranking I										
		Schnelligkeit			Erlernbarkeit			Bedienbarkeit		
	Variante	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum
α -Fehler	Fenster		0,192	0,001		0,020	0,001		0,570	0,001
	Würfel			0,012			0,003			0,057
	Raum									
	Mittl. []	1,47	1,87	2,67	1,29	1,93	42,7857	1,4	2	2,6
	Stabw. []	0,41	0,25	0,35	0,37	0,28	0,33	0,433	0,30	0,40

Tabelle 8.15: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bildung von Rangreihenfolgen bezüglich verschiedener Eigenschaften über die drei verschiedenen animierten Systeme Fenster, Würfel und Raum - Teil 1.

Ranking I										
		Übersichtlichkeit			Attraktivität			Bevorzugung		
	Variante	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum	Fenster	Würfel	Raum
α -Fehler	Fenster		0,660	0,002		0,820	0,001		0,144	0,001
	Würfel			0,005			0,001			0,040
	Raum									
	Mittl. []	1,60	1,73	2,67	1,67	1,6	2,733	1,47	1,93	2,60
	Stabw. []	0,46	0,26	0,4	0,39	0,35	0,33	0,51	0,34	0,41

Tabelle 8.16: α -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bildung von Rangreihenfolgen bezüglich verschiedener Eigenschaften über die drei verschiedenen animierten Systeme Fenster, Würfel und Raum - Teil 2.

8.3.5. Schlussfolgerungen

Die in Abschnitt 8.3.1 formulierten Hypothesen können in der Studie nur teilweise belegt werden. In den objektiven Datenerhebungen konnten weder für die Bedienzeiten ohne noch für die Bedienzeiten mit Nebenaufgabe signifikante Unterschiede gefunden werden. Zwar weisen alle Aufgabentypen unter beiden Bedingungen stets eine analoge Reihenfolge auf, ein statistischer Nachweis konnte objektiv nicht erbracht werden.

Die Betrachtung der subjektiven Daten zeigt dagegen, dass die Versuchspersonen die Systeme ohne egozentrische Animationen bevorzugen. Zum Einen erscheinen die exozentrischen Animationen effizienter, auch wenn sich das in den objektiven Daten nicht nachweisen lässt. Eine differenzierte Befragung ergibt, dass die exozentrischen Animationen zudem als angenehmer, hilfreicher und weniger störend wahrgenommen werden. Die Bildung von Rangreihenfolgen zeigte das gleiche Bild in Bezug auf Schnelligkeit, Erlernbarkeit, Bedienbarkeit, Übersichtlichkeit, Spass und Gesamthaft. Dabei wird die Variation eines Elements, beispielsweise einer Menütafel, gegenüber der Variation großer Teile des Menüs bevorzugt.

Hinsichtlich der Attraktivität schneidet das exozentrische Fenstersystem signifikant

besser als ab das Fenstersystem gefolgt von dem egozentrischen Raumsystem. Die Hypothese *Navi_Attr* kann demnach als wahr angenommen werden.

Aufgrund der subjektiven Empfindungen der Versuchspersonen wird für die Gestaltung von FIS empfohlen, exozentrische Animationen einzusetzen.

8.4. Zusammenfassung

Das vorliegende Kapitel untersuchte verschiedene Aspekte von erklärenden Animationen in FIS, um zu überprüfen, ob die generelle Empfehlung Animationen im automotiven Kontext zu vermeiden [70], gerechtfertigt ist. Dazu wurden Animationen generell, hinsichtlich verschiedener Animationsdauern und Navigationspfade untersucht.

Hinsichtlich dem generellen Einsatz von Animationen kann in der ersten Studie keine erhöhte Ablenkung durch signifikant höhere Blickabwendungszeiten oder Spurhaltedaten gefunden werden. Ein Teil der Versuchspersonen gibt an, die Animationen während der Fahraufgabe nicht bemerkt zu haben. Sie wurden dennoch teilweise als hilfreich, aber auch als störend eingestuft. Es konnte durch die Animationen keine schnellere Bedienung im Erstkontakt gezeigt werden.

Eine differenzierte Betrachtung verschiedener Dauern der Animation zeigt, dass die Geschwindigkeit, mit der eine Animation abläuft, sorgfältig gewählt werden muss, damit sie nicht unangenehm auffällt. In einer angemessenen Geschwindigkeit von ca. 300 Millisekunden werden sie vor einem System ohne Animationen eindeutig bevorzugt. Es stellte sich heraus, dass schnelle Animationen gerade während einer zweiten Aufgabe im Erstkontakt hilfreich sind und das System schneller bedient werden kann, als ein System ohne Animation. Dieser Vorteil relativiert sich aber über die Gewöhnung und die Zeit der Animationsdauer fällt bei der Bearbeitungsdauer negativ ins Gewicht. Die Versuchspersonen stört dies jedoch nicht und sie bevorzugten weiterhin das System mit den schellen Animationen.

Abschließend kann die Art der Navigationspfade das Empfinden des Benutzers beeinflussen. Zwar konnten keine signifikanten Unterschiede in den objektiven Daten zur Bearbeitungsdauer zwischen exozentrischen und egozentrischen Darstellungen nachgewiesen werden. Das subjektive Empfinden der Versuchspersonen zeigt jedoch eine signifikant schlechtere Wahrnehmung der Gebrauchstauglichkeit von egozentrischen Animationspfaden. Zudem werden exozentrische Animationen als attraktiver beurteilt.

Die positive Resonanz der Versuchspersonen sowie der fehlende Nachweis einer ablenkenden Wirkung zeigt, dass erklärende Animationen mit angemessenen Dauern und Animationspfaden in FIS unbedenklich umgesetzt werden können.

9. Fazit

Graphische Interaktionsmetaphern zeigen hohes Potential für FIS. Bis zu einem serienmäßigen Einsatz im Auto sind jedoch weitere Herausforderungen zu lösen.

9.1. Wissenschaftlicher Beitrag

Die vorliegende Arbeit erbringt im Wesentlichen drei wissenschaftliche Beiträge.

Ein formales Metamodell kategorisiert eine graphische Benutzeroberfläche in die Ebenen Funktionalitätsstrukturierung, Bedienlogik und Darstellung. Es wird die Basis für einen systematischen Ansatz gelegt, der die Wechselwirkungen zwischen den drei Ebenen und im Speziellen die Auswirkungen auf die Informationsrepräsentation berücksichtigt. Als Konsequenz wird die Überprüfung verschiedener Kriterien zur Gebrauchstauglichkeit und zu designerischen Spielformen bereits in einer frühen Phase zugelassen.

In Kapitel 4 wird eine räumliche Szene in die drei Bestandteile Gegenstände, Komposition und Inszenierung eingeteilt. Eine umfassende Analyse erschließt die Bedeutung dieser Komponenten im Alltag, ihre Präsenz in bestehenden Interaktionskonzepten und zeigt ihr Potential für FIS auf. Dies legt eine Basis zur Konzeption nutzerzentrierter Interaktionsmetaphern, die nicht nur für den automobilen Bereich relevant ist, sondern für sämtliche Domänen mit einem breiten Benutzerspektrum.

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen werden in Kapitel 5 benutzerzentrierte, dreidimensionale Interaktionskonzepte erarbeitet und in Kapitel 6 prototypisch umgesetzt. Eine Überprüfung der Angemessenheit von dreidimensionalen, graphischen Darstellungen und Animationen für FIS in den Kapiteln 7 und 8 wird dadurch ermöglicht. Die Evaluierung durch Versuchspersonen zeigt, dass eine durchdachte Komposition dreidimensionaler Elemente der Interaktionsoberfläche, wie beispielsweise bei dem iFlip und bei der MusicMap, die Nutzer besser unterstützen kann, ein mentales Modell der Struktur des Bedienkonzepts zu gewinnen als eine zweidimensionale Listendarstellung. Eine deutliche Steigerung der Attraktivität wurde in allen drei Varianten, iFlip, Spiral und MusicMap, nachgewiesen. Zusätzlich zur Verwendung dreidimensionaler Stilmittel erhöht die Inszenierung der Bedienoberfläche durch Licht und Schatten die emotionale Wahrnehmung der graphischen Darstellung. Bewegungen, also Animationen, die von

den Nutzern ausgelöst werden und Zusammenhänge in dem dreidimensionalen Bedienkonzept erklären, steigern die Erlernbarkeit und die Attraktivität. Voraussetzungen sind Benutzerinitiiierung, angemessene Animationsdauern und exozentrische Animationspfade. Eine erhöhte Ablenkung durch den Einsatz dreidimensionaler, graphischer Interaktionsmetaphern und Animationen ist nicht erkennbar. Die Verträglichkeit mit der Fahraufgabe konnte somit nachgewiesen werden.

9.2. Diskussion

Die vorliegende Arbeit adressiert Lösungen hinsichtlich der Motivation aus Abschnitt 1.1, den Anforderungen aus Abschnitt 2.3.5 sowie zu den Hauptproblemen aktueller FIS aus Abschnitt 2.3.7.

Eine Schlüsselherausforderung für die Gestaltung zukünftiger FIS besteht unter anderen Herausforderungen in einem allgemein nachvollziehbaren, repräsentativen Modell. Der Ansatz der vorliegenden Arbeit bietet den Anwendern graphische Interaktionsmetaphern basierend auf grundlegenden physikalischen Eigenschaften dreidimensionaler, alltäglicher Objekte.

Nur die Konzeption auf Basis einer Schnittmenge an gemeinsamem Wissen der Benutzergruppe erlaubt eine gebrauchstaugliche und attraktive Bedienung von interaktiven Systemen. Aktuelle Forschungsarbeiten zu FIS fokussieren hauptsächlich die Konzeption multimodaler Bediensysteme [8, 7, 146]. Im Bereich von FIS im Sinne graphischer Interaktionskonzepte beschäftigen sich verwandte Arbeiten mit der Anordnung von Listenelementen abhängig von dem eingesetzten Bedienelement [127] ohne eine Abweichung von den textbasierten Darstellungen. Eine große Herausforderung stellt die Eingabe alphanumerischer Zeichen in ein FIS dar [23, 77]. Andere Arbeiten integrieren Hilfesysteme [93], Lesezeichen, Parallelmenüs und Schnellzugriffe [2, 130] in bestehende Systeme mit Fokus auf die Funktionalität und ohne alternative, graphische Darstellungen. In [9] werden Ansätze zu dreidimensionalen FIS vorgestellt, es fehlt eine grundlegende Betrachtung der Bedeutung der dreidimensionalen Elemente in anderen Bereichen und Lebenswelten sowie eine Abbildung auf ein nachvollziehbares repräsentatives Modell.

Ähnliche Ansätze zu den Lösungsvorschlägen aus der vorliegenden Arbeit werden derzeit für graphische Bedienoberflächen in anderen Domänen von Kleingeräten wie mobilen Endgeräten über Desktopsysteme bis hin zu großflächigen Displays verfolgt. Das mobile Telefon *Apple iPhone* [14] enthält physikalische Analogien in seinen graphischen Konzepten beispielsweise die Verwendung von Albumrückseiten, das Federn der Liste beim Verschieben des Bildschirminhaltes und dreidimensionale Darstellungen zum Durchblättern einer Musiksammlung. In dem intelligenten Tisch *Microsoft Surface* [110] werden ähnliche Ansätze für die Rückseiten von Albumcovern verfolgt. Des Weiteren integrieren die neuesten Betriebssysteme für Personalcomputer, *Mac OS Leopard* [16] und *Windows Vista* [111] dreidimensionale Darstellungen für offene Fenster, minimierte Fensterstapel und das Durchblättern von Dateien und Ordnern. Unabhängig von Displaygröße, Ein-

gabelement und Kontext werden Konzepte zu benutzerzentrierten, graphischen Interaktionsmetaphern verfolgt und zeigen die Zukunft für Mensch-Computer-Schnittstellen mit einem breiten Anwenderspektrum auf.

9.3. Ausblick

iFlip, MusicMap und Spiral bilden den Ausgangspunkt für eine neue Forschungsthematiken, die vielseitige Möglichkeiten für weiterführende Arbeiten aufzeigen. Bislang wurden benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für FIS nicht grundlegend untersucht. Die vorliegende Arbeit ist ein erster Schritt in diese Richtung. Für einen serienmäßigen Einsatz benutzerzentrierter, graphischer Interaktionsmetaphern in Fahrzeugen müssen allerdings weitere Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

9.3.1. Formale Modellierung

Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Metamodell stellt einen ersten rudimentären Ansatz für eine systematische Modellierung der Ebenen Funktion, Bedienlogik und Informationspräsentation und deren Wechselwirkungen dar. Es wird zudem ein Bedürfnis nach einer umfassenden Bearbeitung dieser Thematik aufgezeigt. Weiterführende Herausforderungen sind die Integration weiterer Modalitäten für die Ein- und Ausgabe sowie eine Beschreibung des Kontextes und die Möglichkeit adaptive und dynamische Strukturen zu integrieren.

9.3.2. Konzeption

Die Konzeption in Kapitel 5 stellt lediglich eine Untermenge der vielfältigen Konzeptvarianten dar, die auf Basis der Analyse geschaffen werden können. Beispielsweise wird eine Betrachtung des Transparenzgrades dreidimensionaler, graphischer Objekte ausgespart, obwohl ihr in der Analyse ein hohes Potential zugesprochen wird. Die bisher nicht betrachteten Parameter sollten für ein stimmiges Gesamtkonzept ebenfalls auf ihren Einsatz in FIS überprüft werden.

Eine wichtige Frage stellt die Ausgewogenheit und der sparsame Gebrauch der verwendeten Stilelemente dar. Es darf keine Übersättigung oder Überladung durch eine willkürliche Zusammensetzung von physikalischen Eigenschaften erfolgen. Eine Untersuchung, die überprüft, welche der Faktoren sich gut ergänzen beziehungsweise hingegen bei einer Variation zu Verwirrungen führen, ist unverzichtbar.

Die Definition einer Formsprache für dreidimensionale, graphische Interaktionskonzepte wurde in der Analyse in Kapitel 4 grob definiert. In einem logischen weiteren Schritt sollte eine Verfeinerung des Vokabulars erfolgen. Eine Definition, die die Art der Umsetzung eines Parameters auf seine Bedeutung abbildet, ist noch zu leisten.

9.3.3. 3D iFlip

3D iFlip bietet die Möglichkeit einer Menüstruktur mit höchstens zwei Unterebenen und für jede Funktion die Optionen auf der Rückseite anzubieten. Fraglich ist, wie tiefe und breite Menüstrukturen über dieses Konzept abgebildet werden können. Des Weiteren sind die Unterdomänen auf die Anzahl fünf ausgelegt. Eine logische Frage ist die Skalierung des Konzepts auf eine variable Menüanzahl.

In der vorliegenden Lösung wird mit iFlip eine Menüstruktur umgesetzt, die für jede Menütafel auf der Rückseite Einstellungen anbietet. Eine weiterführende Betrachtung, bei der beispielsweise Hilfsfunktionen und Informationen zu jeder Menütafel durch physikalische Eigenschaften integriert werden, steht aus.

9.3.4. MusicMap

Kartographische Visualisierungen sind mächtige Instrumente zur Visualisierung mehrparametrischer Daten. Die MusicMap stellt eine erste prototypische Betrachtung einer solchen Visualisierung in einer automotiven Umgebung dar. Eine Erweiterungsmöglichkeit ist die zusätzliche gleichzeitige Visualisierung weiterer Parameter über die Integration von Höheninformationen, Attributierungen ähnlich zu Kennzeichnungen in touristischen Karten oder Wegweisern, welche Art von Musik in einer bestimmten Richtung vorhanden ist. Eine Ikonisierung kann über zusätzliche Markierungen Rückschlüsse über die Art der Musik geben, beispielsweise Palmen im Bereich des Genres „Reggae“ .

9.3.5. Licht und Schatten

Licht und Schatten werden in der vorliegenden Arbeit vorwiegend zur Erhöhung der Attraktivität verwendet. Eine interessante Frage ist, ob diesen Stilmitteln ebenfalls eine strukturierende Bedeutung zukommen kann, beispielsweise durch die Integration von Hilfsfunktionalitäten im Schattenwurf dreidimensionaler Elemente [160].

Des Weiteren wurden Licht und Schatten sehr abstrakt realisiert. Fraglich ist, welche Auswirkungen eine realistischere Umsetzung auf die Wahrnehmung der Nutzer hat.

9.3.6. Bedienelemente

Die Untersuchung der beiden gängigen Bedienelemente für FIS, Touchscreen und multifunktionaler Dreh-Drück-Steller, hat ergeben, dass beide Eingabemöglichkeiten keine ideale Lösung darstellen. Der Touchscreen benötigt zu viel visuelle Aufmerksamkeit in Form von mittleren Blickdauern. Dagegen erfordert das zentrale Bedienelement eine lange Einarbeitungsphase, um die Abbildung des konzeptuellen Modells von Bedienelement und Menü nachzuvollziehen.

Eine Möglichkeit zur alternativen Bedienung kann die Verwendung weiterer Modalitäten darstellen. [7] beschäftigt sich mit Gestenerkennung und stellt eine Bibliothek an

Handgesten zur Verfügung. Das Framework aus [8] ermöglicht die Integration des Gesterkenners mit 3D iFlip auf Socketbasis. Sprache ist besonders in der automotiven Umgebung eine Eingabemodalität, die sich vermutlich besonders gut mit der Fahraufgabe verbinden lässt. Fraglich ist, ob eine visuelle Rückmeldung bei Sprachbedienung nötig ist und ob sie dreidimensionale, graphische Bedienoberfläche gut ergänzt. Großes Potenzial wird bei der Steuerung per Sprache in Verbindung mit der MusicMap angenommen. Die Visualisierung erlaubt den Benutzern eine komfortable Möglichkeit unscharfe Suchanfragen zu formulieren indem bestimmte Bereiche auf der Karte eingegrenzt werden. Scharfe Suchanfragen die explizite Interpreten, Titel oder Genres adressieren, könnten per Sprachkommando elegant integriert werden. Die visuelle Rückmeldung könnte beispielsweise mit einem Scheinwerfer umgesetzt werden, der die Treffer anleuchtet, ähnlich zu *Apple Spotlight* [19].

9.3.7. Animationen

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Animationen sind allesamt nutzerinitiiert, das bedeutet sie werden durch eine Aktion des Anwenders ausgelöst. Eine Untersuchung, inwieweit systeminitiierte Animationen, in einem FIS angemessen sind, steht noch aus. [119] realisiert eine Realisierung von aufmerksamkeitsanziehenden Animationen als Hinweis auf eingehende Ereignisse, wie beispielsweise einem Telefonanruf. Der Ablenkungsgrad, der durch solche Animationen auf den Fahrer ausgeübt wird, muss noch überprüft werden.

9.3.8. Benutzerstudien

In der vorliegenden Arbeit wurden Methoden zur Absicherung durch Versuchspersonen angewandt, die erste Beurteilungen in einem frühen Konzeptionsstadium ermöglichen. Sie zeigen vor allem die Machbarkeit und untersuchen die Gebrauchstauglichkeit in einer äußerst abstrakten Umgebung. Weiterführende Untersuchungen in statischen und dynamischen Fahrsimulatoren mit umfangreicheren Stichproben und einer größeren Spanne an Anwendungsfällen sind für einen serienmäßigen Einsatz Voraussetzung.

9.4. Schluss

In der vorliegenden Arbeit wurden benutzerzentrierte, graphische Interaktionsmetaphern für FIS erforscht. Die Nutzung physikalischer Eigenschaften von Objekten, deren räumlicher Anordnung und ihrer Inszenierung zeigt vielversprechendes Potenzial für die Interaktion mit FIS, die durch ein äußerst breites Nutzerspektrum bedient werden. Der erforschte Ansatz überwindet die Hürde, technisch unversierten Benutzern einen intuitiven Zugang zu den Funktionalitäten eines FIS zu gewähren.

Für einen serienmäßigen Einsatz im Auto sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nötig, von der Ermittlung einer passenden Hardware bis zur Konzeption graphischer Spielformen einzelner Funktionen. Erfahrungen aus den Rückkopplungen der Anwendertests müssen bei einer weiterführenden Konzeption berücksichtigt werden.

Es bleiben weitere Herausforderungen für eine Integration graphischer Interaktionsmetaphern in automotiven Nutzungsszenarien zu lösen. Die vorliegende Arbeit und deren Ergebnisse legen eine ermutigende Basis für diese Forschungsthematik. Anzeige-Bedienkonzepte in FIS, die keine an alltäglichen Gegebenheiten orientierte graphische Interaktionsmetaphern beinhalten, werden zukünftig von heterogenen Benutzergruppen nicht mehr akzeptiert werden.

A. Fragebögen

A. Fragebögen

Angaben zur Person		Vpnr:	Datum:
Alter:			
Beruf:			
Geschlecht:	<input type="checkbox"/> Männlich	<input type="checkbox"/> Weiblich	
Händigkeit:	<input type="checkbox"/> Linkshänder	<input type="checkbox"/> Rechtshänder	<input type="checkbox"/> Beides
Brille:	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> zum Autofahren	<input type="checkbox"/> zum Lesen
Seit wann besitzen Sie Ihren Führerschein?		19__ / 20__	
Welche Fahrerlaubnisklassen besitzen Sie?			
<input type="checkbox"/> PKW	<input type="checkbox"/> LKW		
<input type="checkbox"/> Motorrad	<input type="checkbox"/> Sonstige:		
Wieviele km fahren Sie in etwa pro Jahr?			
<input type="checkbox"/> Weniger als 5.000	<input type="checkbox"/> 5.000 – 10.000		
<input type="checkbox"/> 10.000 – 20.000	<input type="checkbox"/> mehr als 20.000		
Im Vergleich zu anderen Autofahrern würde ich mich folgendermaßen einschätzen:			
Sehr erfahren	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Sehr unerfahren	
Ich würde meinen Fahrstil beschreiben als:			
Ruhig/ausgeglichen	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Sportlich/dynamisch	
Meine Kontrolle über das Fahrzeug schätze ich wie folgt ein:			
Ich beherrsche mein Fahrzeug in jeder Situation	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	In manchen Situationen habe ich Schwierigkeiten	
Autofahren bedeutet für mich:			
Spaß	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Ein notwendiges Übel	

Abbildung A.1: Demographischer Fragebogen

Soforteindruck

System:

Vpnr:

Datum:

Nachfolgend finden Sie Aussagen, mit deren Hilfe Sie die Beurteilung der soeben durchgeführten Aufgabe vornehmen können. Bitte bewerten Sie das System möglichst spontan indem sie das zutreffende Feld mit einem Kreuz markieren.

(die nächsten Fragen sollen den Soforteindruck der Versuchsperson festhalten)

	stimme stark zu				lehne stark ab	
Ich konnte die Aufgabe leicht lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6
Ich konnte die Spur gut halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6
Ich konnte die Straße gut im Auge behalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6
Ich konnte mich auf das Fahren gut konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6

Abbildung A.2: Subjektiver Soforteindruck

Fragebogen System: Vpnr: Datum:

Nachfolgend finden Sie Aussagen, mit deren Hilfe Sie die Beurteilung des soeben verwendeten Systems (**ein bestimmtes System**) vornehmen können. Bitte bewerten Sie das System möglichst spontan indem sie das zutreffende Feld mit einem Kreuz markieren.

(Testet Effektivität Fragen 2,5,6; Effizienz 1,3,8,9; Erlernbarkeit 4,7,10)

	lehne stark ab			stimme stark zu	
1. Ich kann mir vorstellen, dass ich dieses System häufig benutzen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
2. Ich empfand dieses System als unnötig komplex.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
3. Ich fand, dieses System war einfach zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
4. Ich benötigte die Unterstützung eines Experten, um dieses System bedienen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
5. Meiner Meinung nach waren die unterschiedlichen Systemfunktionen gut integriert. (eventuell nicht)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
6. Ich dachte, dass in diesem System zu viel inkonsistent war.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
7. Ich könnte mir vorstellen, dass die meisten Anwender lernen würden, dieses System sehr schnell zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
8. Ich fand, dass sich das System nur sehr schwerfällig nutzen lies.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
9. Ich fühlte mich im Gebrauch mit dem System sehr sicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
10. Ich musste viel lernen, bevor ich mit dem System umgehen konnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

Abbildung A.3: SUS - Messung der Gebrauchstauglichkeit [43]

Fragebogen – AttrakDiff System: Vpnr: Datum:

Nachfolgend finden Sie Wortpaare, mit deren Hilfe Sie die Beurteilung des soeben verwendeten Systems vornehmen können. Sie stellen jeweils extreme Gegensätze dar, zwischen denen eine Abstufung möglich ist.

Bitte bewerten Sie das System möglichst spontan mit Hilfe der unten angegebenen Adjektiv-Paare indem sie das zutreffende Feld mit einem Kreuz markieren. Wenn Sie der Meinung sind, ein Adjektiv-Paar nicht zuordnen zu können, kreuzen Sie bitte den Mittelpunkt der Skala an (0).

	Das System war...							
technisch								menschlich
kompliziert								einfach
unpraktisch								praktisch
umständlich								direkt
unberechenbar								voraussagbar
verwirrend								übersichtlich
widerspenstig								handhabbar
isolierend								verbindend
laienhaft								fachmännisch
stillos								stilvoll
minderwertig								wertvoll
ausgrenzend								einbeziehend
trennt mich von Leuten								Bringt näher
nicht vorzeigbar								vorzeigbar
konventionell								originell
phantasielos								kreativ
vorsichtig								mutig
konservativ								innovativ
lahm								fesselnd
harmlos								herausfordernd
herkömmlich								neuartig
unangenehm								angenehm
hässlich								schön
unsympathisch								sympathisch
zurückweisend								einladend
schlecht								gut
abstoßend								anziehend
entmutigend								motivierend
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Abbildung A.4: AttrakDiff - Messung der emotionalen Wahrnehmung [88] 287

Fragebogen Vergleich Vpnr: Datum:

Bewerten Sie im Folgenden nun bitte alle drei Systeme hinsichtlich verschiedener Aspekte, indem Sie die Rangplätze 1 bis 3 vergeben. Schreiben Sie bitte den entsprechenden Rang, den Sie einem System im Vergleich mit den anderen vergeben würden in das jeweils nebenstehende Kästchen.

1. In Bezug auf die Schnelligkeit mit der ich Aufgaben lösen konnte

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

2. In Bezug auf die Erlernbarkeit

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

3. In Bezug auf die Bedienbarkeit

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

4. In Bezug auf die Übersichtlichkeit

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

5. In Bezug auf den Spaß den die Bedienung gebracht hat

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

6. Das System im Allgemeinen (bitte mit Begründung)

<input type="checkbox"/> System1	<input type="checkbox"/> System2	<input type="checkbox"/> System3
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Abbildung A.5: Vergleich von Systemen.

Fragebogen Vergleich

Vpnr:

Datum:

Bewerten Sie im Folgenden nun bitte **iFlip ohne Schatten** mit **iFlip mit Schatten** hinsichtlich verschiedener Aspekte, indem Sie die Rangplätze 1 und 2 vergeben. Schreiben Sie bitte den entsprechenden Rang, den Sie einem System im Vergleich mit den anderen vergeben würden in das jeweils nebenstehende Kästchen.



iFlip ohne Schatten



iFlip mit Schatten

1. Als Fokussteuerung

mit Rahmen

mit Spotlicht

2. Als Checkbox bevorzuge ich

herkömmliche Checkbox

Glühbirne/ LED

3. In Bezug auf den Spaß den die Bedienung gebracht hat

ohne Licht und Schatten

mit Licht und Schatten

4. Das System im allgemeinen (bitte mit Begründung)

ohne Licht und Schatten

mit Licht und Schatten

Begründung und Anmerkungen:

Das Navigieren des Menüs mit Licht und Schatten machte mehr Spaß als ohne.

Das Vorhandensein von Licht und Schatten hat die Bedienung erleichtert.

Der Gebrauch von Licht und Schatten hat den räumlichen Eindruck verbessert.

Ich habe die Glühbirnen als Checkboxcontrols auf der Rückseite der Navigation erkannt.

Stimme ich nicht zu 3 2 1 1 2 3 zu
- - - 0 + + +

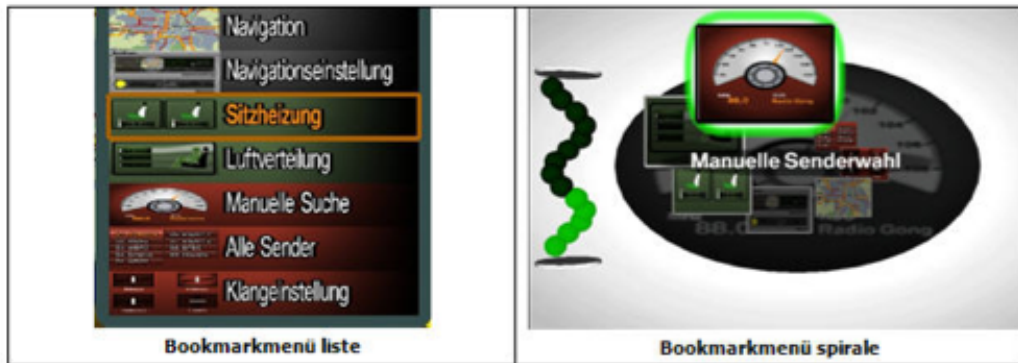
Abbildung A.6: Vergleichender Fragebogen zu iFlip mit und ohne Licht und Schatten.

Fragebogen Vergleich

Vpnr:

Datum:

Bewerten Sie im Folgenden nun bitte das System **Bookmark liste** und **Bookmarkmenü spirale** hinsichtlich verschiedener Aspekte, indem Sie die Rangplätze 1 und 2 vergeben. Schreiben Sie bitte den entsprechenden Rang, den Sie einem System im Vergleich mit den anderen vergeben würden in das jeweils nebenstehende Kästchen.



1. In Bezug auf die Übersichtlichkeit

listenbasiertes Menü

spiralbasiertes Menü

2. In Bezug auf den Spaß den die Bedienung gebracht hat

listenbasiertes Menü

spiralbasiertes Menü

3. Das System im allgemeinen (bitte mit Begründung)

listenbasiertes Menü

spiralbasiertes Menü

Begründung und Anmerkungen:

Die Bookmarkauswahl mittels Spirale war intuitiver als die listenbasierte Auswahl.
 Die Menüvorschau im Spiralmenü habe ich während der Bedienung bewusst wahrgenommen.
 Den Fortschrittsbalken im Spiralmenü habe ich während der Bedienung bewusst wahrgenommen.
 Ich finde eine Kopplung der Nutzungshäufigkeit an die Helligkeit für sinnvoll.
 Ich stelle die Funktion lieber über das Menü als über das Bookmarkmenü ein.

Stimme ich nicht zu	3-	2-	1-	0	1+	2+	3+	Stimme ich zu

Abbildung A.7: Vergleichender Fragebogen zu Lesezeichen als Liste und als Spirale

Angaben zur Person

Vpnr:

Datum:

Alter:			
Beruf:			
Geschlecht:	<input type="checkbox"/> Männlich	<input type="checkbox"/> Weiblich	

Welche der folgenden Künstlerpaarungen würden Sie als „musikalisch ähnlich“ bezeichnen? Wenn ja, worin besteht die Ähnlichkeit?

Die Ärzte – Bruce Springsteen	<input type="checkbox"/> ähnlich	<input type="checkbox"/> verschieden	<input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> kenne ich nicht
	Ähnlich, weil: _____			
Rolling Stones – Bruce Springsteen	<input type="checkbox"/> ähnlich	<input type="checkbox"/> verschieden	<input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> kenne ich nicht
	Ähnlich, weil: _____			
Michael Jackson – Bruce Springsteen	<input type="checkbox"/> ähnlich	<input type="checkbox"/> verschieden	<input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> kenne ich nicht
	Ähnlich, weil: _____			
The Beatles – Take That	<input type="checkbox"/> ähnlich	<input type="checkbox"/> verschieden	<input type="checkbox"/> weiß nicht	<input type="checkbox"/> kenne ich nicht
	Ähnlich, weil: _____			

Bitte ordnen Sie folgenden Künstler Ihren Musikrichtungen zu. Wenn Sie eine Musikrichtung oder Künstler nicht kennen, streichen Sie diese/n bitte durch.

Country	Louis Armstrong: _____
Jazz	Garth Brooks: _____
Rock	Sex Pistols: _____
Punk	Glenn Miller: _____
Hard Rock	Green Day: _____
Dancehall	Metallica: _____
Metal	Jazz Gitti: _____
Brit Pop	Bon Jovi: _____
Volksmusik	Die Fantastischen Vier: _____
Klassik	Nena: _____
Swing	Robbie Williams: _____
Pop	Queen: _____
Ska	The Busters: _____
Hip Hop	Parker Lewis: _____
Reggae	Bob Marley: _____
	Backstreet Boys: _____
	Rammstein: _____
	Oasis: _____

Haben Sie bereits Erfahrung mit alternativen Musikarchivdarstellungen?	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
--	-----------------------------	-------------------------------

Abbildung A.8: Demographischer Fragebogen zu MusicMap und iPod

A. Fragebögen

Geschwindigkeit System: Vpnr: Datum:

Nachfolgend finden Sie Aussagen, mit deren Hilfe Sie die Beurteilung des soeben verwendeten Systeme vornehmen können. Bitte bewerten Sie die Systeme möglichst spontan indem sie das zutreffende Feld mit einem Kreuz markieren.

		stimme stark zu			lehne stark ab	
1. Die Einstellungen auf der Rückseite, tragen zu einer schnellen Erlernbarkeit bei.		<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
2. Die Bewegungen der Animationen (z.B. Umdrehen) stören bei der Bedienung.	langsam	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	schnell	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
3. Ich habe die Bewegungen der Animationen (z.B. Umdrehen) nicht wahrgenommen.	langsam	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	schnell	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
4. Die Bewegungen der Animationen (z.B. Umdrehen), haben für eine angenehme Pause gesorgt.	langsam	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	schnell	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
5. Die Bewegungen der Animationen (z.B. Umdrehen) haben zu einem besseren Verständnis beigetragen.	langsam	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	schnell	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
6. Ich denke, die Bewegungen der Animationen (z.B. Umdrehen) werden mich auf Dauer nerven.	langsam	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
	schnell	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Abbildung A.9: Bewertung verschiedener Animationsdauern - Teil 1

7. Ich habe bei der Bedienung während der Okklusion zwischen der Version ohne Animation und den Versionen mit Animation keinen Unterschied festgestellt.	langsam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1	2	3	4	5
	schnell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1	2	3	4	5
8. Ich konnte folgenden Unterschied bei der Bedienung zwischen der Version mit Animation und der Version ohne Animation feststellen:						
9. Ich habe bei der Bedienung während der Okklusion zwischen der langsamen Animation und der schnellen Animation keinen Unterschied festgestellt.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1	2	3	4	5
10. Ich konnte folgenden Unterschied bei der Bedienung zwischen der langsamen Animation und der schnellen Animation feststellen:						
11. Ich würde diese Version bevorzugen:						
<input type="checkbox"/> ohne Animation <input type="checkbox"/> langsame Animation <input type="checkbox"/> schnelle Animation						
Begründung:						

Abbildung A.10: Bewertung verschiedener Animationsdauern - Teil 2

A. Fragebögen

Fragebogen

System:

Vpnr:

Datum:

Nachfolgend finden Sie Aussagen, mit deren Hilfe Sie die Beurteilung des soeben verwendeten Systems (**ein bestimmtes System**) vornehmen können. Bitte bewerten Sie das System möglichst spontan indem sie das zutreffende Feld mit einem Kreuz markieren.

(die nächsten Fragen sollen die Verständlichkeit der Animation, insbesondere der Bewegungen im Raum testen)

Die Animationen bei diesem System fand ich verwirrend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Die Bewegungen der Animation (z.B. Drehen) stören bei der Bedienung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Die Bewegungen der Animation habe ich gar nicht wahrgenommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Die Animationen bei diesem System haben mir geholfen mich in dem System zurechtzufinden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Auf Dauer würden mich die Animationen nerven.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Ich denke dass mich die Animationen nicht vom Fahren abgelenkt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5

Abbildung A.11: Bewertung verschiedener Animationspfade

Literaturverzeichnis

- [1] *Welcome to optimism.* http://wklondon.typepad.com/welcome_to_optimism/2006/02/index.html.
- [2] ABLASSMEIER, M. ; NIEDERMAIER, G. ; RIGOLL, G.: A New Approach of Using Network Dialog Structures in Cars. In: *8th World Multiconf. on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Orlando, USA, Jul. 2004
- [3] ACM: ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction. New York, NY, USA : ACM Press, 1992. – Forschungsbericht. – ISBN 0–89791–474–0. – Chairman-Thomas T. Hewett
- [4] ADOBE: *Adobe Photoshop*. <http://www.adobe.com/de/products/photoshop/photoshop/>.
- [5] AG, BMW: *intern*
- [6] AHLBERG, C. ; SHNEIDERMAN, B.: Visual information seeking: Tight coupling of dynamic query filters with starfield displays. In: *Proc. ACM CHI '94 Conference*, 1994
- [7] ALTHOFF, F. ; LINDL, R. ; WALCHSHAEUSL, L.: Robust Multimodal Hand- and Head Gesture Recognition for controlling Automotive Infotainment Systems. In: *VDI-Tagung: Der Fahrer im 21. Jahrhundert*. Braunschweig, Germany, November 22-23 2005
- [8] ALTHOFF, Frank: *Ein generischer Ansatz zur Integration multimodaler Benutzereingaben*. 2004
- [9] ALTHOFF, Frank ; MCGLAUN, Gregor ; LANG, Manfred K. ; RIGOLL, Gerhard: Comparing an Innovative 3D and a Standard 2D User Interface for Automotive Infotainment Applications. In: *Mensch & Computer*, 2003
- [10] ANDERSON, John R.: *Kognitive Psychologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Januar 2001
- [11] APPLE: *Apple Dashboard*. <http://www.apple.com/macosx/features/dashboard>
- [12] APPLE: *Apple Dock. Home Page*. <http://www.apple.com/support/mac101/tour/4/>

- [13] APPLE: *Apple Human Interface Guidelines*. http://developer.apple.com/documentation/UserExperience/Conceptual/OSXHIGuidelines/XHIGIntro/chapter_1_section_1.html
- [14] APPLE: *Apple iPhone*. <http://www.apple.com/iphone/>
- [15] APPLE: *Apple, iPod*. <http://www.apple.com/de/ipod/ipod.html>
- [16] APPLE: *Apple Mac OS Leopard, Finder*. <http://www.apple.com/de/macosx/leopard/features/finder.html>
- [17] APPLE: *Apple Mac OS Tiger, Dashboard*. <http://www.apple.com/de/macosx/features/dashboard/>
- [18] APPLE: *Apple Mac OS Tiger, Expose*. <http://www.apple.com/macosx/features/expose/>
- [19] APPLE: *Apple Mac OS Tiger, Spotlight*. <http://www.apple.com/macosx/features/spotlight/>
- [20] APPLE: *Apple Time Machine*. <http://www.apple.com/de/macosx/leopard/features/timemachine.html>
- [21] AUDI: *Audi MMI Simulation Homepage*. http://www.audi.de/audi/de/de2/neuwagen/a6/limousine/elektronik/audi_mmi.html
- [22] BAARKE, Karl-Heinz: *Himbeeren (Rubus idaeus)*. <http://www.bio-gaertner.de/Articles/I.Pflanzen-dieDatenbank/Beeren/Himbeeren.html>
- [23] BADER, Bernd: *Untersuchung von Bewertungsmethoden für Zusatzaufgaben im Fahrzeug*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2004
- [24] BAUDISCH, P. ; GUTWIN, C.: Multiblending: displaying overlapping windows simultaneously without the drawbacks of alpha blending. In: *In Proceeding of CHI*, 2004
- [25] BAUER, Katja: *Experimentelle Zulassungsarbeit*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2006
- [26] BAUMANN, M. ; KEINATH, A. ; KREMS, J.F. ; BENGLER, K.: Evaluation of in-vehicle HMI using occlusion techniques. In: *Experimental results and practical implications, Applied Ergonomics*, 2004
- [27] BECKER, Christoph: *Objektwahrnehmung und Gestaltgesetze*. <http://www.ch-becker.de/extern/vosem/3.html>.

- [28] BECKER, Stefan M.: *Die Dan Flavin-Retrospektive in der Pinakothek der Moderne*. http://www.atelierprojekt.de/tipps/ap_tipp1206.htm.
- [29] BEDERSON, Benjamin B.: Fisheye menus. In: *UIST '00: Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2000. – ISBN 1-58113-212-3, S. 217-225
- [30] BEDERSON, Benjamin B.: Fisheye menus. In: *UIST '00: Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2000, S. 217-225
- [31] BEDERSON, Benjamin B. ; BOLTMAN, Angela: Does Animation Help Users Build Mental Maps of Spatial Information? In: *INFOVIS '99: Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Information Visualization*. Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 1999. – ISBN 0-7695-0431-0, S. 28
- [32] BEDERSON, Benjamin B. ; CLAMAGE, Aaron ; CZERWINSKI, Mary P. ; ROBERTSON, George G.: DateLens: a fisheye calendar interface for PDAs. In: *interactions* 11 (2004), Nr. 4, S. 9-10. <http://dx.doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/1005261.1005268>. – DOI <http://doi.acm.org/10.1145/1005261.1005268>. – ISSN 1072-5520
- [33] BELL, Blaine ; FEINER, Steven ; HÖLLERER, Tobias: View management for virtual and augmented reality. In: *UIST '01: Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 2001. – ISBN 1-58113-438-X, S. 101-110
- [34] BERNOTAT, R.: Plenary Session: Operation Function in Vehicle Control. In: *Anthropotechnik in der Fahrzeugführung, Applied Ergonomics, Vol 13*, 1970
- [35] BERTIN, J.: *Semiology of Graphics*. University of Wisconsin Press, 1983
- [36] BMW: *Adaptive Cruise Control*. http://www.bmw.com/com/de/insights/technology/technology_guide/articles/adaptive_cruise_control.html
- [37] BMW: *Betriebsanleitung zum Fahrzeug*. München: BMW AG, 2003
- [38] BMW: *BMW iDrive Techniklexikon*. http://www.bmw.de/de/faszination/techniklexikon/index.html?content=http://www.bmw.com/generic/de/de/faszination/technology/lexicon/content_reload.html?articleUrlStartidrivearticleUrlEnd
- [39] BMW: *Park Distance Control*. http://www.bmw.com/com/de/insights/technology/technology_guide/articles/park_distance_control.html

- [40] BOGNER, Walter: *Frühblüher*. http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/biologie/projekte/natura2000/evolution_lerngang_material.html
- [41] BORTZ, Jürgen: *Statistik für Human und Sozialwissenschaftler*. Springer Verlag, 2004. – 6. Auflage
- [42] BOWMAN, D.A. ; KRUIJFF, E. ; LAVIOLA, J. J. ; POUPYREV, I.: *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison Wesley, 2004. – ISBN 0201758679
- [43] BROOKE, J.: SUS: a quick and dirty usability scale. In: *P W Jordan, B Thomas, B A Weerdmeester and A L McClelland (eds.) Usability Evaluation in Industry*. London, 1996
- [44] BROY, Verena ; ALTHOFF, Frank ; KLINKER, Gudrun: Animationen für Fahrerinformationssysteme: Ablenkungspotential oder Steigerung der Usability. In: *USEWARE'06*, 2006
- [45] BROY, Verena ; ALTHOFF, Frank ; KLINKER, Gudrun ; LANGE, Christian: iFlip: a metaphor for in-vehicle information systems. In: *AVI '06: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA : ACM Press, 2006. – ISBN 1-59593-353-0, S. 155–158
- [46] BUBB, Heiner: *Skript zur Statistikvorlesung*
- [47] BUBB, Heiner: *Systemergonomische Gestaltung*. Hanser Verlag, München, 1993
- [48] BUSINESSWEEK: *Mac Daddy*. <http://images.businessweek.com/ss/06/05/phaidon/source/10.htm>.
- [49] CARD, Stuart ; ROBERTSON, George ; MACKINLAY, Jock: The Information Visualizer, An. Information Workspace. In: *Proceedings of SIGCHI*, 1991, S. 181–188
- [50] CARD, Stuart K. ; ROBERTSON, George G. ; YORK, William: The WebBook and the Web Forager: an information workspace for the World-Wide Web. In: *CHI '96: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 1996. – ISBN 0-89791-777-4, S. 111–ff.
- [51] CHEN, Chaomei: Information Visualization. In: *Information Visualization 1* (2002), Nr. 1
- [52] CHIGONA, Wallace ; SONNET, Henry ; RITTER, Felix ; STROTHOTTE, Thomas: Shadows with a Message. In: *Proceedings of International Symposium on Smart Graphics*, ACM Press, 1998, S. 494–501

-
- [53] COCKBURN, Andy ; MCKENZIE, Bruce: 3D or not 3D?: evaluating the effect of the third dimension in a document management system. In: *CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2001. – ISBN 1-58113-327-8, S. 434-441
- [54] COOPER, Alan: *About Face: The Essentials of User Interface Design*. New York, NY, USA : John Wiley and Sons, Inc., 1995. – ISBN 1568843224. – Kapitel 27
- [55] COOPER, Katy ; BRUIJN, Oscar de ; SPENCE, Robert ; WITKOWSKI, Mark: A comparison of static and moving presentation modes for image collections. In: *AVI '06: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*. New York, NY, USA : ACM Press, 2006. – ISBN 1-59593-353-0, S. 381-388
- [56] CZERWINSKI, M. ; DANTZICH van ; M., Robertson ; G., H.: Hoffman: The contribution of thumbnail image, mouse-over text and spatial location memory to web page retrieval. In: *Interact'99*
- [57] DEBATIN, Bernhard: *Metapher, Metafora, Home Page*. <http://culturitalia.uibk.ac.at/hispanoteca/Lexikon%20der%20Linguistik/ma/METAPHER%20%20Metafora.htm>
- [58] DERNBACH, Christoph: *Geschichte des Apple Macintosh - Xerox Parc*. <http://www.mr-gadget.de/?p=543>
- [59] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme*. DIN Deutsches Institut für Normung, 1999
- [60] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze*. EN ISO 9241-10,11:1999. DIN Deutsches Institut für Normung, 1999
- [61] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Passenger cars – Test track for a severe lane-change manoeuvre*. : DIN Deutsches Institut für Normung, Nov. 2002. – Ref.No: ISO 3888-1:1999
- [62] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Dialogue management principles and compliance procedures*. : DIN Deutsches Institut für Normung, Mar. 2003. – Ref.No.: DIN EN ISO 15005:2003
- [63] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Road Vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control Systems - Occlusion method to assess visual demand due to the use of in-vehicle systems - DRAFT*. DIN Deutsches Institut für Normung, 2003

- [64] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Specifications and compliance procedures for in-vehicle visual presentation.* : DIN Deutsches Institut für Normung, Oct. 2003. – Ref.No.: DIN EN ISO 15008:2003-10
- [65] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.): *Road Vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control Systems - Occlusion method to assess visual demand due to the use of in-vehicle systems.* DIN Deutsches Institut für Normung, 2006
- [66] DRIVER FOCUS-TELEMATICS WORKING GROUP, ALLIANCE OF AUTOMOBILE MANUFACTURERS: *Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interaction with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems.* September 2003
- [67] DUDEN: *Der Duden.* <http://www.duden.de>
- [68] DUDEN: *Schülerduden der Physik.* Bibliogr. Inst. + Brockha, 2001
- [69] DÜRSTELER, Juan C.: *The Landscape Metaphor.* <http://www.infovis.net/printMag.php?lang=2&num=168>
- [70] EUROPEAN COMMISSION INFORMATION SOCIETY AND MEDIA DIRECTORATE-GENERAL - G4 ICT FOR TRANSPORT (Hrsg.): *European Statement of Principles on the Design of Human Machine Interaction (ESoP 2005) - Draft.* European Commission Information Society and Media Directorate-General - G4 ICT for Transport, June 2005
- [71] EYSENCK, M. W. (Hrsg.) ; KEANE, M. T. (Hrsg.): *Cognitive Psychology: A Student's Handbook.* Hillsdale, NJ : Erlbaum, 1990
- [72] FAHRMEIR, L. ; KÜNSTLER, R. ; PIGEOT, I. ; TUTZ, G.: *Statistik - Der Weg zur Datenanalyse.* Springer Verlag, 1997
- [73] FELTY, A. ; NAMIJOSHI, K.: Feature Specification and Automated Conflict Detection. In: *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 2003
- [74] FITAGE: *Katahrina das Große - ein seniorengerechtes Mobiltelefon, Home Page.* <http://www.fitage.com/>
- [75] FREESE, M. ; F.C., Brodbeck: *Computer in Bpro und Verwaltung: Psychologisches Wissen für die Praxis.* Springer, Berlin, 1989
- [76] FREYMAN, R.: *HMI: A Fascinating and Challenging Task, BMW Group Forschung und Technik*

-
- [77] FRIEDRICH, Andreas: *Study of alphanumerical input devices regarding their usability in the automobile*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2005
- [78] GEISER, G.: *Man Machine Interaction in Vehicles*. 1985. – 74 – 77 S.
- [79] GERDES, Heide: *Was ist Hypertext*. <http://www.perzept.de/hypertext/Was.htm>
- [80] GIBNEY, Marek: *MusicMap, HomePage*. <http://www.music-map.com/eric+clapton.html>
- [81] GIBSON, J. J.: *Wahrnehmung und Umwelt: der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung*. 1982
- [82] GMBH, Munich I.: *Nektar*. http://www.munich-info.de/restaurants/nektar/welcome_de.html
- [83] GOLDSTEIN, E. B.: *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 1997
- [84] GONZALEZ, Cleotilde: Does animation in user interfaces improve decision making? In: *CHI '96: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM, 1996. – ISBN 0-89791-777-4, S. 27-34
- [85] GOOGLE: *Google Maps*. <http://www.googlemaps.de>
- [86] GWINNOW-MERKERT, Hartmut: Animation und Kontinuität: Grundlagen für die intuitive Navigation in virtuellen Systemen. In: *Proc. of Useware*. Düsseldorf, Germany, Oktober 2006
- [87] HAREL, D.: Statecharts: A visual Formalism for complex systems. In: *The Science of Computer Programming*, 1987
- [88] HASSENZAHL, M. ; BURMESTER, M. ; KOLLER, F: AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. In: *In J. Ziegler und G. Szwillus (Hrsg.), Mensch und Computer.*, 2003
- [89] HEINECKE, Andreas: *Interaktive Systeme - Mensch-Computer-Interaktion*. http://www.informatik.fh-gelsenkirchen.de/paul/fhge/lehre/ws0203_isy1/is1-1.pdf.
- [90] HEMSER, Alexander: *Definition eines Anforderungsprofils für mobile Endgeräte zur Substitution integrierter Anzeige- und Multimediasysteme in Personenkraftwagen.*, Universität Bremen, Diplomarbeit, 2005

- [91] HERNDON, Kenneth P. ; ZELEZNIK, Robert C. ; ROBBINS, Daniel C. ; CONNER, D. B. ; SNIBBE, Scott S. ; DAM, Andries van: Interactive shadows. In: *UIST '92: Proceedings of the 5th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 1992. – ISBN 0–89791–549–6, S. 1–6
- [92] HILLIGES, Otmar ; HOLZER, Phillipp ; KLÜBER, Rene ; BUTZ, Andreas: AudioRadar: A metaphorical visualization for the navigation of large music collections. In: *Proceedings of the International Symposium on Smart Graphics 2006, Vancouver Canada*, 2006
- [93] HOF, Alexander ; HAGEN, Eli ; HUBER, Alexander: Adaptive Help for Speech Dialogue Systems Based on Learning and Forgetting of Speech Commands. In: *17th SIGdial Workshop on Discourse and Dialogue*, 2006
- [94] HOFSTADTER, Douglas R.: *Gödel, Escher, Bach – ein endloses geflochtenes Band*. Stuttgart : Klett-Cotta, 1985
- [95] HUBER, Glenn: *Experimentelle Evaluierung von neuartigen 3D Bildschirminteraktionsmetaphern*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2006
- [96] INTERNET: *Seite unbekannt. ???*
- [97] JAGUAR: *Jaguar XK Technology, Home Page*. http://www.jaguarusa.com/uk/en/vehicles/xk/technology/New_XK_Technology.htm
- [98] KURZ, Melanie: *qDrive wissensnavigation in automobilen*. Germany, FH Schwäbisch Gmünd, Diplomarbeit, 2004
- [99] LAB, Human Computer I.: *Piccolo toolkit, a structured 2D Graphics Framework*. <http://www.cs.umd.edu/hcil/jazz/>.
- [100] LANGE, C. ; WOHLFARTER, M. ; BUBB, H.: Dikablis, engineering and application area. In: *IEA*, 2006
- [101] LANGE, C. ; WOHLFARTER, M. ; BUBB, H.: Vergleichbarkeit von Usability Lab und Realversuch zur Bestimmung der ergonomischen Güte und der Ablenkungswirkung von Nebenaufgaben im Kfz. In: *In: Proceedings GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaften Kongress, Stuttgart*, 2006
- [102] *Kapitel SemNet: Three-Dimensional Graphic Representations of Large Knowledge Bases*. In: M., Fairchild K. ; S.E., Poltrock ; G.W., Furnas: *Cognitive Science and Its Applications for Human-Computer Interaction*. Microelectronics and Computer Technology Corporation. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1988, S. 201–233

- [103] MAASS, D.: *Software-Ergonomie. Benutzer- und Aufgabenorientierte Systemgestaltung*. Informatik Spektrum, 1993
- [104] MACKINLAY, Jock ; ROBERTSON, George ; CARD, Stuart: The Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated. In: PRESS, ACM (Hrsg.): *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'95)*, 1991, S. 173–179
- [105] MAKOWSKI, Dirk: *Microsoft Bob*. <http://www.winhistory.de/more/bob.htm>
- [106] MARTENS, M.H. ; WINSUM, W. van: Measuring distraction: the Peripheral Detection Task. In: *TNO Human Factors*, 2005
- [107] MATODATE: *Matodate*. <http://www.ksky.ne.jp/~seahorse/mtate2/>.
- [108] MATTES, S.: The Lane-Change-Task as a Tool for Driver Distraction Evaluation. In: *Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft*. Stuttgart, Germany : Ergonomia Verlag, 2003
- [109] MERCEDES: *Mercedes S-Klasse Homepage*. http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/%de/home_mpc/passenger_cars/home/products/new_cars/s_class.html
- [110] MICROSOFT: *Microsoft Surface*. <http://www.microsoft.com/surface/>
- [111] MICROSOFT: *Windows Vista*. <http://www.microsoft.com/germany/windows/windowsvista/features/default.aspx>
- [112] MOERCHEN, F. ; ULTSCH, A. ; THIES, M. ; LOEHKEN, I. ; NOECKER, M. ; STAMM, C. ; EFTHYMIU, N. and Kuemmerer, M.: MusicMiner: Visualizing perceptual distances of music as topographical maps. In: *Technical Report Dept. of Mathematics and Computer Science*, 2005
- [113] MÜNCHEN, Technische U.: *Structures of the department of Informatics*. http://wwwbib.informatik.tu-muenchen.de/Fak_Schriften/Fak_Schrift_99/kapitel10.html
- [114] NIEDERMAIER, Bernhard: *Entwicklung und Bewertung eines Rapid-Prototyping Ansatzes zur multimodalen Mensch-Maschine-Interaktion im Kraftfahrzeug*, Technische Universität München, Diss., 2003
- [115] NIELSEN, Jakob: *Usability Engineering*. Acad. Press, 1993. – 8–10, 49–70 S. – ISBN 0–12–518405–0
- [116] NORMAN, Donald: *Emotion and design: Attractive things work better*. http://www.jnd.org/dn.mss/emotion_design.html

- [117] NORMAN, Donald: *Interaction Design for Automobile Interiors*. http://www.jnd.org/dn.mss/interaction_des.html
- [118] NORMAN, Donald A.: *The Design Of Everyday Things*. Bd. First Basic Paperback: 2002. Basic Books, 2002
- [119] NOVAK, Vinko ; SANDOR, Christian ; KLINKER, Gudrun: An AR Workbench for Experimenting with Attentive User Interfaces. In: *Proc. of IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. Arlington, VA, USA, Nov. 2004. – To appear.
- [120] OSCHATZ, Sebastian: *Fragmente zur Vorlesung Interfacedesign*
- [121] PANE, John F. ; MYERS, Brad A.: The impact of human-centered features on the usability of a programming system for children. In: *CHI 02 extended abstracts on Human factors in computing systems*, 2002
- [122] PFEIFFER, Michael: *Java 3D 1.3 für Einsteiger und Fortgeschrittene*. <http://java3d.virtualworlds.de/j3d.pdf>
- [123] POINTCOT ; LESTEVEN: *Kohonen Self-Organizing Map*. <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz-bin/VizieR>
- [124] PRAXENTHALER, Michael: *Experimentelle Untersuchung zur Ablenkungswirkung von Sekundäraufgaben während zeitkritischer Fahrsituationen*, Technische Universität München, Ergonomics, Diss., 2003
- [125] PREECE, Jenny ; ROGERS, Yvonne ; SHARP, Helen: *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons, Inc., 2002
- [126] PRESS, Word: *Dan Flavin at Paula Cooper*. <http://www.seze.net/culturevultures/?cat=8>.
- [127] RAKIC, M. ; BUBB, H. ; BREUER, J.: Bewertung von Gestaltungsvarianten eines Informations-und Kommunikationssystems anhand sicherheitsrelevanter Kriterien in einer Fahrsimulatorstudie, 2006
- [128] RASMUSSEN, J.: Skills, rules and knowledge; signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. In: *IEEE Trans. Systems, Man, Cybernetics*, 1993
- [129] RASSL, Robert: *Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw, Systemergonomische Analyse und Prognose*, Technische Universität München, Diss., 2004
- [130] RATKOVIC, Bruno: *Individualisierungskonzepte im Rahmen multimodaler Informationssysteme*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2004

-
- [131] RAUBER, Andreas ; LIDY, Thomas ; MAYER, Rudolf: *Map of Mozart, Home Page*. http://www.ifs.tuwien.ac.at/mir/mozart/index_de.html
- [132] RAUCH, N. ; TOTZKE, I. ; KRÜGER, H.-P: Breit oder tief ?: Der Einfluss der Untersuchungssituation auf die Bewertung von Fahrerinformationssystemen. In: *44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie*. Göttingen, 2004
- [133] RAUSCHERT, Andreas: *Entwurf und Evaluierung eines menügesteuerten Fahrerinformationssystems im Automobil*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2005
- [134] REDAKTION, Zündfunk: *City of Pop*. <http://www.br-online.de/kultur-szene/thema/zuendfunk-city-of-pop/;jsessionid=XOIAHL4X2ZFKKCSBUKSSM4QKIGRKEJVC>
- [135] REKIMOTO, Jun ; GREEN, Mark: The Information Cube: Using Transparency in 3D Information Visualization. In: *Proceedings of the Third Annual Workshop on Information Technologies and Systems*, 1993
- [136] RITTER, Felix ; SONNET, Henry ; HARTMANN, Knut ; STROTHOTTE, Thomas: Illustrative shadows: integrating 3D and 2D information displays. In: *IUI '03: Proceedings of the 8th international conference on Intelligent user interfaces*. New York, NY, USA : ACM Press, 2003. – ISBN 1-58113-586-6, S. 166-173
- [137] ROBERTSON, George ; CZERWINSKI, Mary ; LARSON, Kevin ; ROBBINS, Daniel C. ; THIEL, David ; DANTZICH, Maarten van: Data mountain: using spatial memory for document management. In: *UIST '98: Proceedings of the 11th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM Press, 1998
- [138] ROBERTSON, George ; DANTZICH, Maarten van ; ROBBINS, Daniel ; CZERWINSKI, Mary ; HINCKLEY, Ken ; RISDEN, Kirsten ; THIEL, David ; GOROKHOVSKY, Vadim: The Task Gallery: a 3D window manager. In: *CHI '00: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 2000. – ISBN 1-58113-216-6, S. 494-501
- [139] ROBERTSON, George G. ; MACKINLAY, Jock D. ; CARD, Stuart K.: Cone Trees: animated 3D visualizations of hierarchical information. In: *CHI '91: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. New York, NY, USA : ACM Press, 1991. – ISBN 0-89791-383-3, S. 189-194
- [140] ROELLE, Christopher: *An Explorative, Hierarchical User Interface to Structured Music Repositories*. Germany, TU München, Diplomarbeit, December 2006
- [141] ROSEN, Mike ; DIAMOND, Joel ; FREEMANN, Ray C.: *CubicEye, Next Generation in 3D Application Platform*. <http://www.cubiceye.net/>.

- [142] SAFFER, Dan: *The Role of Metaphor in Interaction Design*, Carnegie Mellon University, Diplomarbeit, 2005
- [143] SCHEDL, Markus: *Entwicklung einer kartographischen Interaktionsmetapher für große Datenmengen im Automobil*. Austria, Vienna University of Technology, Diplomarbeit, December 2006
- [144] SCHMIDT, Albrecht: *User Interfaces, Human Computer Interaction and Usability*. http://www.sun.com/software/looking_glass/. Version: 2007. – Vorlesung
- [145] SCHOLLER, P. ; KLINK, M.: *Dschungel*. <http://www.lifesciences-consulting.de/Berater-Team.htm>
- [146] SCHULLER, B. ; ABLASSMEIER, M. ; MÜLLER, R. ; REIFINGER, S. ; POITSCHKE, T. ; RIGOLL, G.: *Speech Communication and Multimodal Interfaces*. In: *Advanced Man Machine Interaction*, 2006
- [147] SCHUMANN, H. ; MÜLLER, W.: *Visualisierung, Grundlagen und allgemeine Methoden*. Ed : Springer Verlag, 2001
- [148] SCHWEIGERT, Manfred: *Fahrernlickverhalten und Nebenaufgaben*, Technische Universität München, Diss., 2003
- [149] SCOTT FERTIG, Eric F. ; GELERNTER, David: *Lifestreams: An Alternative to the Desktop Metaphor*. In: *Proceedings of the CHI 1996*, 1996
- [150] SEVENLOAD: *Biene mit Blume*. <http://data56.sevenload.com/i/hn/rz/pu0s0g9/mhb.jpg>
- [151] SHACKEL, B. ; RICHARDSON: *UsabilityDcontext, framework, definition, design and evaluation*. Cambridge University Press, 1991. – 21–37 S.
- [152] SHERIDAN, Michael: *Photo of sunset in Burma*
- [153] SHNEIDERMAN, Ben: *Discovering Business Intelligence Using Treemap Visualizations*. <http://www.b-eye-network.com/view/2673>
- [154] SHNEIDERMAN, Ben: *A history of Treemap Research at the University of maryland*. <http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap-history/>
- [155] SHNEIDERMAN, Ben ; PLAISANT, Catherine: *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (4th Edition)*. Pearson Addison Wesley, 2004. – ISBN 0321197860
- [156] SPENCE, Robert: *Information Visualization, Design for Interaction*. Ed : Harlow (Essex), 2007

- [157] SPOLSKY, Joel: *Strategy letter IV: Bloatware and the 80/20 Myth*. <http://www.joelonsoftware.com/articles/fog0000000020.html>
- [158] STARY, Christian: *Interaktive Systeme: Software-Entwicklung und Software-Ergonomie*. Vieweg, 1994
- [159] STRASNICK, Sven L. ; TESLER, Joel D.: Method and apparatus for navigation within three-dimensional information landscape. In: *3DUI '06: Proceedings of the 3D User Interfaces (3DUI'06)*, 1996
- [160] SÜGGEL, Horst: *Konzeption von Licht- und Schattenmetaphern für ein Fahrerinformationssystem*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2007
- [161] SUN: *Project Looking Glass*. http://www.sun.com/software/looking_glass/.
- [162] SUTHERLAND, Ivan: *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*, Diss., 1963
- [163] TOMTOM: *TomTom Autonavagation*. <http://www.tomtom.com/>
- [164] TÖNNIS, Marcus ; BROY, Verena ; KLINKER, Gudrun: A Survey of Challenges Related to the Design of 3D User Interfaces for Car Drivers. In: *3DUI '06: Proceedings of the 3D User Interfaces (3DUI'06)*. Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 2006. – ISBN 1-4244-0225-5, S. 127-134
- [165] TOYOTA: *Toyota Prius Interior (3rd picture)*. <http://www.toyota.com/prius/interior.html>
- [166] TRÜBSWETTER, Christian: *Analysis of Conceptual Differences and Similarities Concerning the Interaction with Physical and Digital Objects in Augmented Reality*, TU Muenchen, Diplomarbeit, 2005
- [167] TUFTE, Edward R.: *Envisioning information*. Graphics Press, 1990
- [168] TURO, David ; JOHNSON, Brian: Improving the visualization of hierarchies with treemaps: design issues and experimentation. In: *VIS '92: Proceedings of the 3rd conference on Visualization '92*. Los Alamitos, CA, USA : IEEE Computer Society Press, 1992. – ISBN 0-8186-2896-0, S. 124-131
- [169] VAVRILLE, Frederic: *LivePlasma, Home Page*. <http://www.liveplasma.com/>
- [170] VIGNOLI, Fabio: Digital music interaction concepts: a user study. In: *In Proceedings of the 5th Int. Conference on Music Information Retrieval, ISMIR*, 2004
- [171] WEISER, Mark: The computer for the 21st century. (1995), S. 933-940. ISBN 1-55860-246-1

- [172] WENDEL, Matthias: *Rolle und Bedeutung de Reinkarnationstherapeuten*
- [173] WESKAMP, Markus: *Newsmap*. <http://marumushi.com/apps/newsmap/newsmap.cfm>
- [174] WIKIPEDIA: *Abakus, Home Page*. http://de.wikipedia.org/wiki/Abakus_Rechentafel
- [175] WIKIPEDIA: *Dan Flavin, Home Page*. http://de.wikipedia.org/wiki/Dan_Flavin
- [176] WIKIPEDIA: *Mechanismus von Antikythera, Home Page*. http://de.wikipedia.org/wiki/Mechanismus_von_Antikythera
- [177] WIKIPEDIA: *3D Computergraphik*. <http://de.wikipedia.org/wiki/3D-Computergrafik>
- [178] WIKIPEDIA: *Abstandsregeltempomat*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Abstandsregeltempomat>
- [179] WIKIPEDIA: *Computer, Home Page*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Computer>
- [180] WIKIPEDIA: *Head Unit*. <http://de.wikipedia.org/wiki/IDrive#BMW>
- [181] WIKIPEDIA: *Inszenierung*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Inszenierung>
- [182] WIKIPEDIA: *Karte, Kartographie*. [http://de.wikipedia.org/wiki/Karte_\(Kartografie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Karte_(Kartografie))
- [183] WIKIPEDIA: *Macintosh*. http://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Macintosh.
- [184] WIKIPEDIA: *Metapher, Home Page*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Metapher>
- [185] WIKIPEDIA: *Schatten, Home Page*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Schatten>
- [186] WIKIPEDIA: *Selbstorganisierende Karte*. http://de.wikipedia.org/wiki/Selbstorganisierende_Karte
- [187] WORLD, Maps of t.: *Home Page*. <http://www.mapsofworld.com/>
- [188] ZEIDLER, Alfred ; ZELLNER, Rudolf: *Software-Ergonomie. Techniken der Dialoggestaltung*
- [189] ZELLER, A. ; WAGNER, A. ; SPRENG, M.: *iDrive – Zentrale Bedienung im neuen 7er von BMW*. In: *Elektronik im Kraftfahrzeug*. In: *VDI-Berichte Nr.1646*, 2001

- [190] ZWAHLEN, H. T. ; ADAMS JR., C. ; DEBALD, D. P.: Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In: *A. Gale, M. Freeman, C. Haslegrave, P. Smith, and S. Taylor (Eds.), Vision in vehicles II*. North-Holland : Elsevier Science B.V., 1988, S. 335–344