

Lehrstuhl für Ergonomie  
der Technischen Universität München

**Systemergonomie und Usability-Tests  
bei bildschirmbasierten Bedienoberflächen  
im Automobil**

Michael Herrler

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

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. rer. nat. H. Bubb  
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. B. Heißing

Die Dissertation wurde am 07.02.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 07.08.2006 angenommen.



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München in Zusammenarbeit mit der BMW Group.

Die Arbeit stand unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Bubb.

Für das entgegengebrachte Vertrauen und die herausragende fachliche Betreuung der Arbeit möchte ich mich herzlichst bei Herrn Prof. Bubb bedanken. Mit seinem fachlichen Rat und seiner Erfahrung hat er mir stets viele wertvolle Anregungen zum Gelingen der Arbeit gegeben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. K.-V. Gevert für die Möglichkeit der Durchführung einer Industriepromotion und die freundliche Unterstützung während der Arbeit. Allen Kollegen der Abteilung Entwicklung-Design der BMW AG danke ich für die tatkräftige persönliche Hilfe und die vielen Anregungen sowie das angenehme Arbeitsumfeld.

Meiner Familie danke ich zutiefst für das in mich gesetzte Vertrauen. Mein ganz besonderer Dank gilt Dr. Christine Vornehm, ohne deren Unterstützung und Verständnis diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.



## Zusammenfassung

Die Analyse und Neugestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle für bildschirmorientierte Bediensysteme im Automobil stellt den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar.

Durch die Anforderungen an einen verkürzten Entwicklungsprozess im Automobilbau, mit der daraus resultierenden Verschiebung der Erstellung von Musterbauteilen, wird eine frühzeitige ergonomische Erprobung der Komponenten durch Versuchsreihen immer schwieriger. Eine integrierte Vorgehensweise wird notwendig. Durch den Einsatz von CAD-Werkzeugen verschiebt sich auch die Erprobung der Komponenten in eine virtuelle Richtung. Es stellt sich die Frage, mit welchen geeigneten Methoden eine frühzeitige Einbindung von Nutzeranforderungen in diesen modernen Entwicklungsprozess stattfinden kann. Eine Methode ist hier die systemergonomische Analyse. Eine weitere Methode stellt die Darstellung von Bedienoberflächen über Simulationen und die Validierung über Probandenversuche dar. Diese beiden Methoden werden im praktischen Teil miteinander abgeglichen.

Die systemergonomische Analyse bildet den ersten Schwerpunkt dieser Arbeit. Ein konventionelles Anzeige- und Bediensystem für Komfortfunktionen aus dem Serieneinsatz wird dabei mit Hilfe der systemergonomischen Analyse und eines Bewertungssystems, das aus der detaillierten systemergonomischen Analyse abgeleitet wurde, bewertet. Das gleiche System wird parallel im praxisnahen Fahrversuch mit Hilfe einer Probandenerprobung bewertet. Dazu werden die gleichen Aufgabenstellungen, die zuvor theoretisch betrachtet wurden, während einer Versuchsfahrt von Probanden bearbeitet. Die objektive und subjektive Bewertung der Aufgabenerfüllung wird nun mit den theoretischen Ergebnissen korreliert.

Mit Hilfe der aus der Analyse erhaltenen Ergebnisse wird danach ein Prototyp eines Fahrerinformationssystems aufgebaut, an dem unter Versuchsbedingungen mehrere Varianten einer Nutzeroberfläche miteinander verglichen werden können. Diese bildschirmbasierte Bedienoberfläche wird in ein Versuchsfahrzeug integriert. Dazu wird ein Serienfahrzeug derart modifiziert, dass mit Hilfe eines Rapid-Prototyping-Tools eine flexible Gestaltung der Oberfläche eines Fahrerinformationssystems bei direkter Ansteuerung der fahrzeugintegrierten Komponenten möglich ist. Die Eigenschaften der bildschirmbasierten Benutzeroberfläche in Bezug auf Bedienablauf und ergonomische Qualität werden anhand von Probandenversuchen im Stand- und Fahrbetrieb analysiert. Die Untersuchungsschwerpunkte sind hier einerseits der Einfluss der Fahraufgabe, andererseits der Einfluss der Menüstruktur auf die Bearbeitungsqualität. Es werden zwei verschiedene Menüstrukturen jeweils im Stand und während der Fahrt untersucht. Bei den Strukturen handelt es sich einerseits um eine flache Struktur mit möglichst viel Einzelhalten in einer Menüebene und möglichst wenig Ebenen sowie einer tiefen Struktur mit möglichst wenig Einzelhalten in einer Ebene und im Gegensatz dazu viele Ebenen. Die so erhaltenen Ergebnisse werden mit den zuvor in der Bewertung des konventionellen Systems und aus der systemergonomischen Analyse erhaltenen Resultaten verglichen.



Inhaltsverzeichnis	V
<b>Zusammenfassung</b>	III
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	V
<b>1 Einführung</b>	1
<b>2 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil</b>	2
<b>2.1 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle</b>	2
2.1.1 Das Mensch-Maschine-System	2
2.1.1.1 Der Arbeitsprozess in der Ergonomie	2
2.1.1.2 Die Mensch-Maschine-Interaktion	3
2.1.1.3 Kennzeichen des Mensch-Maschine-Systems	3
2.1.2 Elemente der Mensch-Maschine-Schnittstelle	4
2.1.3 Bildschirmbasierte Mensch-Maschine-Schnittstellen	5
2.1.3.1 Aktuelle Entwicklung der Mensch-Maschine-Systeme durch Mikroprozessortechnik	6
2.1.3.2 Eigenschaften von bildschirmbasierten Schnittstellen	6
2.1.4 Bewertung der Mensch-Maschine-Schnittstelle	7
2.1.4.1 Bewertungskriterien der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle	8
2.1.4.2 Fehleranalyse	8
<b>2.2 Aufgabenstellung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil</b>	9
2.2.1 Primärfunktion	10
2.2.2 Sekundärfunktionen	10
2.2.3 Tertiärfunktionen	11
<b>2.3 Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil</b>	11
2.3.1 Verteilung zwischen Primäraufgabe und Zusatzaufgaben	11
2.3.2 Relevante Normen und Richtlinien	12
2.3.3 Nutzeranforderungen	12
2.3.4 Anthropometrische und geometrische Anforderungen	13
2.3.5 Anforderungen aufgrund von Umgebungseinflüssen	13

---

<b>2.4 Bildschirmbasierte Bedienoberflächen im Automobil</b>	14
2.4.1 Die Entwicklung von der konventionellen zur bildschirmbasierten Bedienoberfläche im Automobil	14
2.4.2 Der Einfluss von bildschirmbasierten Bedienoberflächen auf die Primäraufgabe	15
2.4.3 Vorteile von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil	16
2.4.3.1 Geometrie	16
2.4.3.2 Nutzerunterstützung und -führung	17
2.4.4 Funktionsinhalte von Fahrerinformationssystemen	17
2.4.4.1 Navigationssysteme	17
2.4.4.2 Telematik- und Online-Anwendungen	19
2.4.4.3 Bordcomputer-Funktionen	19
2.4.4.4 Entertainment- und Komfortfunktionen	20
2.4.5 Struktur der Funktionsinhalte	20
2.4.5.1 Hierarchie der Funktionsinhalte	20
2.4.5.2 Einteilung in konventionelle Betätigung und menübasierte Schnittstelle	21
2.4.6 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil	22
2.4.6.1 Eingabe	22
2.4.6.2 Ausgabe	25
<b>2.5 Ergonomie im Entwicklungsprozess für bildschirmorientierte Bedienoberflächen im Automobil</b>	29
2.5.1 Der verkürzte Entwicklungsprozess in der Fahrzeugindustrie	29
2.5.2 Der Einsatz von CAx-Methoden im Entwicklungsprozess	30
2.5.3 Der Einbezug von Nutzeranforderungen in den verkürzten Entwicklungsprozess	31
2.5.4 Prozessbegleitende Methoden und Werkzeuge zur Evaluation der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil	31
2.5.5 Modellierung von Benutzeroberflächen und Rapid Prototyping	32
2.5.5.1 Einfache Simulationen	33
2.5.5.2 Interaktive Simulationen	33
2.5.5.3 Versuche unter Laborbedingungen	33
2.5.5.4 Versuche unter fahrdynamischen Bedingungen	34
2.5.5.5 Prototypenerprobung	34

---

<b>3 Formulierung der Untersuchungsschwerpunkte</b>	36
<b>4 Systemergonomische Analyse bei der Gestaltung von Fahrerinformationssystemen</b>	38
<b>4.1 Systemergonomische Analyse</b>	38
4.1.1 Analyse der Funktion	38
4.1.2 Analyse der Bedienung	38
4.1.2.1 Zerlegung des Bedienvorgangs	38
4.1.2.2 Darstellung in einem Flussdiagramm	39
4.1.3 Führungsart	40
4.1.4 Dimensionalität	41
4.1.5 Aufgabenart	41
4.1.6 Darstellungsart	41
4.1.7 Gestaltungsempfehlung aus der systemergonomischen Analyse	41
4.1.8 Analyse der Rückmeldung	42
4.1.9 Analyse der Kompatibilität	43
<b>4.2 Anwendung an praktischen Beispielen</b>	44
4.2.1 Bedienung des Audiosystems	44
4.2.2 Entfrostern der Windschutzscheibe	44
<b>4.3 Zerlegung einer Einzelaufgabe in Handlungsschritte</b>	45
<b>4.4 Systemergonomische Bewertung</b>	47
4.4.1 Ableitung eines Bewertungssystems aus der systemergonomischen Analyse	47
4.4.2 Praktische Umsetzung	47
<b>5 Systemergonomie in der Gestaltung einer konventionellen Bedienoberfläche im Automobil</b>	49
<b>5.1 Systemergonomische Analyse eines Seriensystems</b>	49
5.1.1 Auswahl der Aufgaben	49
5.1.2 Systemergonomische Betrachtung der Aufgaben	49
5.1.3 Technische Betrachtung	53

---

<b>5.2 Fahrversuch</b>	57
5.2.1 Anforderung	57
5.2.2 Versuchslayout	57
5.2.2.1 Beschreibung des Versuchsfahrzeugs	58
5.2.2.2 Beschreibung der Bedienoberfläche	58
5.2.3 Versuchsdurchführung	60
5.2.3.1 Auswahl der Versuchspersonen	60
5.2.3.2 Versuchsdauer	61
5.2.3.3 Versuchsstrecke	61
5.2.3.4 Versuchsablauf	61
5.2.4 Ergebnisse	62
5.2.4.1 Versuchspersonen und allgemeine Fragen	62
5.2.4.2 Fehlermessung	66
5.2.5 Auswertung	69
5.2.5.1 Objektive Bewertung	69
5.2.5.2 Fehlerarten	71
5.2.5.3 Subjektive Bewertung	72
5.2.6 Zusammenfassung und Bewertung	73
<b>5.3 Vergleich der Ergebnisse mit der systemergonomischen Analyse</b>	74
<b>6 Systemergonomie in der Gestaltung der menübasierten Schnittstelle im Automobil</b>	77
<b>6.1 Bildschirmbasierte Bedienoberflächen in der Konzeptentwicklung</b>	77
6.1.1 Einfluss der Fahrdynamik	77
6.1.2 Einfluss der Gestaltung der Menübreite und -tiefe	77
<b>6.2 Fahrversuch</b>	77
6.2.1 Anforderung	77
6.2.1.1 Aufbau eines Usability-Modells zur Validierung der Systemstruktur von menübasierten Systemen im Fahrbetrieb	78
6.2.1.2 Anforderungen an einen fahrbaren Konzeptaufbau	79
6.2.1.3 Aufbau des fahrbaren Konzeptmodells	79

---

6.2.2 Versuchslayout	81
6.2.2.1 Beschreibung des Versuchsfahrzeugs	81
6.2.2.2 Beschreibung der Bedienoberfläche	82
6.2.3 Versuchsdurchführung	89
6.2.3.1 Auswahl der Versuchspersonen	89
6.2.3.2 Versuchsdauer	90
6.2.3.3 Versuchsort und -strecke	90
6.2.3.4 Versuchsablauf	90
6.2.3.5 Aufgaben der Versuchspersonen	90
6.2.3.6 Erfassung der Fahrgüte	91
6.2.3.7 Subjektive Befragung	92
6.2.3.8 Technische Randbedingungen bei der Versuchsdurchführung	92
6.2.4 Ergebnisse	93
6.2.4.1 Explorationsphase	93
6.2.4.2 Versuchspersonen	93
6.2.4.3 Objektive Ergebnisse – Fehlermessung flache Struktur	94
6.2.4.4 Objektive Ergebnisse – Fehlermessung tiefe Struktur	96
6.2.5 Auswertung	98
6.2.5.1 Vergleich der einzelnen Aufgaben	98
6.2.5.2 Tiefe Struktur zu flacher Struktur	99
6.2.5.3 Standversuch zu Fahrversuch	100
6.2.5.4 Lernkurve	100
6.2.5.5 Auswertung der Fahrgüte	101
6.2.5.6 Einfluss der Versuchsperson auf die Fehlerquote	103
6.2.5.7 Fehlerarten der Aufgabengruppen	104
6.2.5.8 Subjektive Bewertung	106
6.2.5.9 Interpretation der subjektiven Bewertung	109
6.2.6 Zusammenfassung und Bewertung	110
6.2.6.1 Akzeptanz des Gesamtsystems	110
6.2.6.2 Vergleich der Ergebnisse mit der systemergonomischen Analyse	111
<b>6.3 Vergleich der Ergebnisse mit dem konventionellen System</b>	<b>113</b>

---

<b>7 Ergebnisdiskussion und Interpretation</b>	116
<b>7.1 Vergleich zwischen konventionellem und bildschirm- basiertem System</b>	116
7.1.1 Fehlerarten	116
7.1.2 Gestaltungsschwerpunkte für das konventionelle System	116
7.1.3 Gestaltungsschwerpunkte für das bildschirmbasierte System	116
<b>7.2 Bewertung der bildschirmorientierten Oberfläche</b>	117
7.2.1 Vergleich zwischen Versuchsarten Fahrversuch und Standversuch	117
7.2.2 Einfluss der Fahraktivität	117
7.2.3 Aussagen zur Gestaltung von bildschirmorientierten Systemen	117
7.2.4 Tiefe der Menüstrukturen	117
<b>7.3 Vergleich zwischen systemergonomischer, theoretischer, Bewertung und Realversuchen</b>	119
7.3.1 Vergleich zwischen systemergonomischer Analyse und Fahrversuchen	119
7.3.2 Die detaillierte systemergonomische Analyse als Werkzeug für die Serienentwicklung	119
<b>7.4 Übertragung in den Entwicklungsprozess</b>	120
7.4.1 Übertragung der Versuchsmethode in ein Usability-Labor für die Serienentwicklung	120
7.4.2 Videobeobachtung	120
7.4.3 Umsetzung einer Versuchsumgebung in einem Usability-Labor	121
7.4.4 Ergonomische Validierung im verkürzten Entwicklungsprozess	121
 <b>Anhang</b>	 123
 <b>Literatur</b>	 178

# 1 Einführung

Im Jahr 2002 wurden 82,5% der gesamten Personenbeförderung im Individualverkehr mit dem Automobil bewältigt (*DeStatis, 2004*). Als wesentlicher Vorteil des Automobils gegenüber anderen Verkehrsmitteln wird vor allem das Thema »Komfort« gesehen. Nach *Seiffert (1994)* führt das Thema »Komfort« mit einer Quote von 62 % die Rangliste der Wünsche von Automobilkunden an. Aufgrund der gesteigerten Komfortbedürfnisse nimmt auch die Anzahl derjenigen Funktionen, die über die direkte Fahraufgabe hinaus gehen, immer mehr zu. Zudem unterstützen technische Entwicklungen, wie beispielsweise die Einführung von GPS-Navigationssystemen, den Fahrer direkt oder indirekt. Diese gesteigerte Funktions- und Informationsvielfalt muss jedoch auch künftig in einer Art und Weise gestaltet sein, die den Fahrer möglichst wenig vom Verkehrsgeschehen ablenkt, um so die Sicherheit des Fahrzeugführers und der Insassen nicht zu gefährden. Aus diesem Grund wird es immer wichtiger, bereits bei der Entwicklung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine ergonomische Gestaltungsfaktoren zu berücksichtigen und frühzeitig Nutzertests zur Qualitätssicherung der Bedienoberflächen durchzuführen. Vor allem durch die Integration mehrerer Systeme in zentrale Anzeige- und Bediensysteme, die über einen Bildschirm als Anzeigeelement verfügen, ergeben sich neue Möglichkeiten und Chancen der Schnittstellengestaltung. Dabei haben alle Teilaspekte von der Bedienlogik über die Gestaltung der Bedienstruktur bis zum Design der Bedien- und Anzeigekomponenten einen Einfluss auf die Erfüllung der Nutzer-Erwartung und somit auf die Akzeptanz beim Anwender und den daraus resultierenden Markterfolg.

Durch erhöhte Variantenzahlen sowie der Anforderung, schneller auf Markterfordernisse eingehen zu können, werden die Entwicklungszyklen im Automobilbau immer kürzer und komplexer. Durch diese Verkürzung der Entwicklungszeiten stehen in einer frühen Phase, in der noch ohne großen Aufwand Korrekturen durchgeführt werden können, jedoch kaum Prototypen für eine Validierung durch tatsächliche Nutzer oder gezielte Probandentests zur Verfügung. Bei Versuchen, die erst zu einem späteren Zeitpunkt im Entwicklungsprozess durchgeführt werden, können aus Kosten- und Zeitgründen oft keine größeren Änderungen mehr am Produkt selbst durchgeführt werden. Es stellt sich deshalb die Frage, mit welchen Methoden bereits in frühen Phasen der Automobilentwicklung Anwendertests zu den Bedienoberflächen durchgeführt werden können, deren Ergebnisse rechtzeitig in die weiter folgende Entwicklung rückgeführt werden können. Als wichtigste Methode eignet sich hierfür die Vorgehensweise nach dem Rapid-Prototyping-Ansatz. Dabei werden mit Hilfe von computergestützten Verfahren Prototypen erzeugt, die eine Erprobung bereits in einem Stadium ermöglichen, in dem noch keine realen Musterteile zur Verfügung stehen.

In der folgenden Arbeit soll mit Hilfe der Rapid-Prototyping-Methode ein Serienfahrzeug derart modifiziert werden, dass eine Erprobung eines bildschirmbasierten Anzeige- und Bediensystems, bei dem eine flexible Oberflächengestaltung integriert werden kann, möglich ist. Mit diesem Versuchsfahrzeug soll eine Versuchsreihe zur Gestaltung von Menüoberflächen einer bildschirmbasierten Bedienoberfläche durchgeführt werden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sollen mit einem konventionellen System im Praxisversuch und einer theoretischen Betrachtung mit Hilfe der Systemergonomie verglichen werden.

## 2 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil

### 2.1 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle

#### 2.1.1 Das Mensch-Maschine-System

##### 2.1.1.1 Der Arbeitsprozess in der Ergonomie

Ergonomie beschäftigt sich mit der Gestaltung der Arbeit. Abgeleitet aus dem griechischen »Ergo-Nomos« kann Ergonomie als die Lehre der Arbeit übersetzt werden. Als Teilgebiet der Arbeitswissenschaft ist die Ergonomie somit ein Wissenschaftsgebiet, das überwiegend auf arbeitsphysiologischen, arbeitspsychologischen und ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen aufbaut und sich mit der Anpassung technischer Arbeitsmittel an den menschlichen Nutzer beschäftigt (*Rühmann, 1996*). Ergonomie beschäftigt sich mit der Erfassung anthropometrischer, physiologischer und psychologischer Eigenschaften und Fähigkeiten des arbeitenden Menschen. *Bullinger (1994)* definiert Ergonomie als »Wissenschaft von der Anpassung der Technik an den Menschen zur Erleichterung der Arbeit. Das Ziel, die Belastung des arbeitenden Menschen so ausgeglichen wie möglich zu halten, wird unter Einsatz technischer, medizinischer, psychologischer sowie sozialer und ökologischer Erkenntnisse angestrebt«. Als Arbeit wird im physikalischen Sinne das Produkt der Faktoren Kraft und Weg  $A=F*s$  definiert. *Schmidtke (1993)* sieht die Arbeit im Sinne der Ergonomie als Arbeitsqualität. Dabei definiert *Schmidtke* die Arbeitsqualität (Q) als Grad der Übereinstimmung zwischen Aufgabenstellung (T) und Aufgabenerfüllung (R).

$$Q = 1 - D = 1 - \frac{T - R}{T} = \frac{R}{T}$$

Formel 1.1: Arbeitsqualität nach Schmidtke

Nach *Schmidtke (1993)* setzt sich der zentrale Gegenstand der Ergonomie aus den folgenden drei Aufgabenschwerpunkten zusammen:

- **Analyse der Aufgabenstellung**, z. B. aus Arbeits- oder Tätigkeitsanalysen und daraus abgeleiteten Informationen über die Anforderungsarten, die mit der Aufgabenbearbeitung eine Rolle spielen,
- **Analyse der Arbeitsumwelt**, z. B. Erfassung der während der Aufgabenbearbeitung wirksamen physikalischen, chemischen und sozialen Umwelteinflüsse,
- **Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion**, z. B. die Auslegung der Maschinen unter anthropometrischen und ergonomischen Aspekten sowie der insbesondere auf Optimierung des Informationsflusses an der Schnittstelle Mensch-Maschine abzielende Komplex der Mensch-Maschine-Dynamik.

Eine Analyse der Mensch-Maschine-Interaktion im Automobil soll den Schwerpunkt dieser Arbeit bestimmen. Deshalb sollen zunächst die Kriterien dargestellt werden, die zur Analyse eines Mensch-Maschine-Systems und der dazugehörigen Mensch-Maschine-Schnittstelle notwendig sind.

### 2.1.1.2 Die Mensch-Maschine-Interaktion

Während der Mensch-Maschine-Interaktion beeinflussen eine Reihe von Einflussfaktoren den Arbeitsprozess. *Rühmann (1996)* beschreibt die individuellen und situativen Faktoren für die Leistungsvoraussetzung. Dies sind einerseits Umwelt- und Nutzerfaktoren, andererseits Kriterien der Art und Komplexität der Aufgabenstellung und der Ausführung der Arbeitsmittelgestaltung. In Abbildung 2.1 sind die Einflussfaktoren auf den Arbeitsprozess dargestellt.

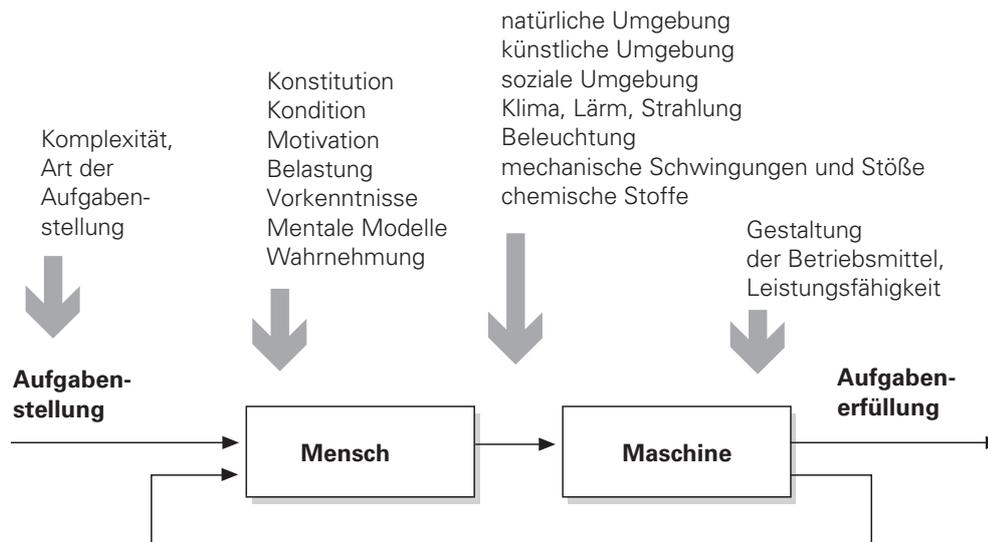


Abbildung 2.1: Die Einflussfaktoren auf den Arbeitsprozess

Im Bereich der Aufgabenstellung muss eine Zielvorstellung des Nutzers und eine Vorstellung des Weges, um zu dem voraus gestellten Ziel zu gelangen, vorliegen. Um eine Interaktion zu erhalten, muss eine Manipulationsmöglichkeit seitens des Menschen in den Arbeitsprozess einzugreifen bestehen, sei es durch die Möglichkeit, den Arbeitsprozess direkt zu beeinflussen, oder die Beeinflussung von Regelgrößen, die auf den Arbeitsprozess wirken. Ein vollständig autonom ablaufender Arbeitsprozess, wie z. B. bei einer vollautomatischen Maschine, ist in diesem Sinne demzufolge nicht als Mensch-Maschine-Interaktion zu verstehen. Hat der Mensch jedoch Umgebungsvariablen mit einem automatisierten Prozess zu vergleichen, so tritt eine Interaktion der Maschine, bzw. des Grades der Aufgabenstellung mit der aktuellen Aufgabenerfüllung in Zusammenhang mit den aktuellen Umgebungsparametern ein. Im Bereich der Aufgabenerfüllung muss seitens der Interaktion ein für den Menschen aufnehmbares Feedback (Rückmeldung) über die Regelgrößen des Arbeitsprozesses möglich sein.

### 2.1.1.3 Kennzeichen des Mensch-Maschine-Systems

Ein Mensch-Maschine-System (MMS) ist durch das Zusammenwirken eines oder mehrerer Menschen mit einem technischen System gekennzeichnet. In diesem Sinn sind auch einfache Arbeitsgeräte als »Maschine« zu betrachten (*Johannsen, 1993*). *Geiser (1990)* bezeichnet das Mensch-Maschine-System als das Zusammenwirken von Mensch und Maschine zur Lösung einer selbst gewählten oder vorgegebenen Aufgabe. *Tichy (1994)* sieht in dem Mensch-Maschine-System eine Struktur, bei der ein biologisches und ein technisches

System zusammenwirken und zu diesem Zweck Informationen austauschen. Für die Verwirklichung komplexer Aufgabenstellungen sind häufig mehrere Mensch-Maschine-Systeme parallel oder hintereinander geschaltet. Für eine analytische Vorgehensweise wird jedoch nur jeweils ein einzelnes Mensch-Maschine-System betrachtet. Nach *Bubb (1977)* spricht man dann von einem Mensch-Maschine-System, wenn ein Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine vorliegt. Der Mensch tritt in diesem Mensch-Maschine-System in die Rolle des Informationsverarbeiters. Ein Mensch-Maschine-System unterscheidet sich nach *Bubb (1977)* von der für den Menschen in seiner natürlichen Umgebung gegebenen Sequenz Aufgabenstellung–Operateur–Aufgabenerfüllung durch die Zwischenschaltung der Maschine mit den entsprechenden Bedieneinheiten.

## 2.1.2 Elemente der Mensch-Maschine-Schnittstelle

In dem Wirkungsgefüge zwischen Mensch und Maschine sind zwei Schnittstellen vorhanden, die unter dem Begriff »Mensch-Maschine-Schnittstelle« (MMS) zusammengefasst werden. Im englischsprachigen Raum wird für den Begriff der Mensch-Maschine-Schnittstelle die Bezeichnung Human-Machine-Interface (HMI) verwendet. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle setzt sich aus Elementen der Informationsaufnahme und Informationsübermittlung (Informationsumsetzung) zwischen dem Menschen und der Maschine zusammen. Nach *Löhr (1976)* sind Mensch-Maschine-Schnittstellen alle Kommunikationsorgane, die zur Informationsübertragung zwischen den Teilsystemen Mensch und Maschine dienen. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle kann in das Subsystem Mensch und das Subsystem Maschine unterteilt werden, wie in Abbildung 2.2 dargestellt.

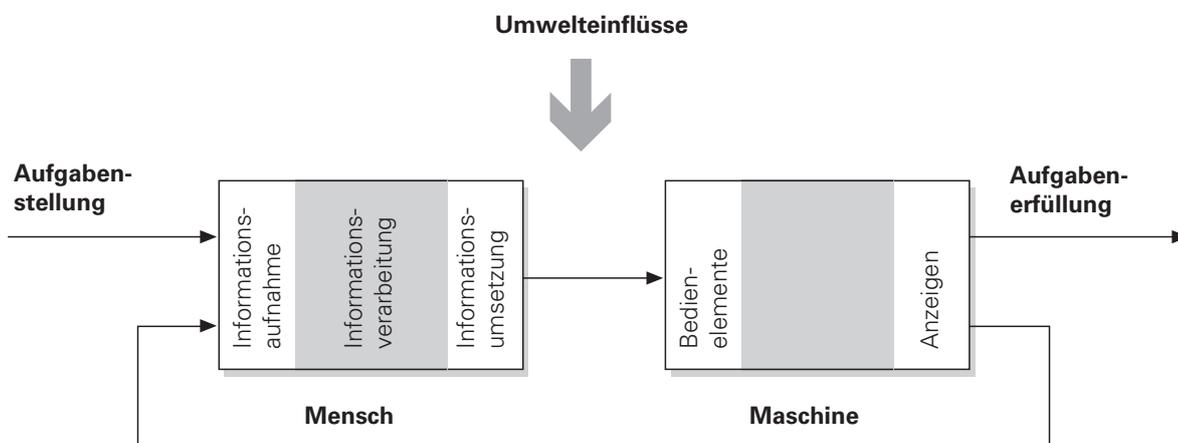


Abbildung 2.2: Die Mensch-Maschine-Schnittstelle

Innerhalb des Subsystems Mensch kann wiederum unterteilt werden in die Informationsaufnahme-seite, die Informationsabgabeseite bzw. die Informationsumsetzung. Die Informationsaufnahme erfolgt über die Sinnesorgane. Nach *Zimmermann (1976)* werden ca. 70% der Informationsaufnahme des Menschen über den visuellen Kanal getätigt. Nach *Löhr* kann der Mensch bewusst maximal  $10^2$  bit/s verarbeiten. *Zimmermann (1993)* stellt den neuronalen Informationsfluss dem Informationsfluss der bewussten Wahrnehmung gegenüber. Nach *Zimmermann (1993)* lässt sich der maximale Informationsfluss einer bewussten Sinneswahrnehmung auf 40 bit/s schließen, also viele Größenordnungen unter dem, was die Sensoren aufnehmen können. Die Reaktionszeiten der wichtigsten sensorischen Kanäle sind

0,180 Sekunden für das Sehen, 0,140 Sekunden für das Hören und 0,155 Sekunden für das Tasten (*Herczeg, 1994*). Die Informationsverarbeitung lässt sich nach *Rasmussen (1995)* in drei Ebenen der Informationsverarbeitung einteilen, zwischen denen ein fließender Übergang besteht: das gewohnheitsbasierte Handeln, das regelbasierte Handeln und das wissenbasierte Handeln. In der Informationsverarbeitung vergleicht der Mensch die wahrgenommene Information mit zuvor gebildeten inneren Modellen (*Bubb, 1993/1*), um daraus eine Handlungssequenz abzuleiten. *Stary (1996)* beschreibt mentale Modelle als menschliches Wissen über die Komponenten eines Systems und deren Verbindungen sowie Prozesse, welche die Komponenten verändern. *Zeidler & Zeller (1994)* definieren innere Modelle als aktuelles Verständnis von Anwendern eines Systems. Dies umfasst Repräsentationen davon, was das System leisten kann, welche Auswirkungen seine Aktionen besitzen und warum diese auftreten: »In der Regel bildet sich jeder Benutzer im Verlauf seiner Beschäftigung mit dem Anwendungssystem ein inneres Modell, das eine Vorstellung von Systemleistungen und den Objekten der Verarbeitung enthält. Es entstehen Repräsentationen davon, was ein System leisten kann, welche Auswirkungen seine Aktionen besitzen und warum diese auftreten. Mentale Modelle verkörpern zu jedem Zeitpunkt das aktuelle Verständnis des Anwenders vom System. Sie sind in der Regel weder korrekt noch decken sie sich mit den Vorstellungen und dem Verständnis von den Systemleistungen, die der Designer bei der Entwicklung der Anwendung zugrunde gelegt hat. Beim Aufbau eines mentalen Modells folgt der Anwender nicht unbedingt logischen Gesetzmäßigkeiten. Er konzentriert sich vielmehr auf die gerade anstehende Aufgabe oder auf Leistungen der Anwendung, die sein persönliches Interesse treffen. Schlussfolgerungen werden dann nur in dem Maße getroffen, dass seine Aktionen und Reaktionen und Auswirkungen des Systems für die Erreichung eines Zieles plausibel werden.« Für die Informationsumsetzung steht dem menschlichen Organismus die mechanische Bewegung zur Verfügung, die durch Muskelkraft initiiert wird. In der systemanalytischen Betrachtungsweise wird dabei nicht auf die anatomischen und physiologischen Gegebenheiten eingegangen, sondern auf den Informationswandel im Organismus. Tiefergehende Erkenntnisse über den Informationswandel im Subsystem Mensch werden aus dem Bereich der kognitiven Psychologie gewonnen (*Bubb, 1992; Zimbardo, 1996*).

Im Subsystem Maschine ist die Informationsumsetzungsseite des MMS technisch mit Betätigungs- und Bedienelementen ausgeführt. Bedienelemente werden nach *Rühmann (1993)* durch den physikalischen Kontakt mit der Körperoberfläche aktiviert. Als Gegenüber der Informationsaufnahme des Menschen stehen auf der technischen Seite im wesentlichen sämtliche Anzeigen. Eine Anzeige ist eine Information, die über eine technische Einrichtung den menschlichen Sinnesorganen angeboten wird (*Bernotat, 1993*). *Rühmann (1993)* gliedert Anzeigen systematisch nach Informationsinhalt, Darstellungsform und Darstellungsort. Eine Kombination aus mehreren Anzeigemodalitäten wird als multimodale Anzeige (*Neuss, 2001; Niedermeier & Lang, 2001*) bezeichnet. *Tannheimer (1996)* zeigt Gestaltungsregeln für optische, akustische und taktile Anzeigen auf. So eignen sich für die Darstellung großer Datenmengen vor allem optische Anzeigen, während Warnhinweise besser durch akustische Anzeigen dargestellt werden.

### 2.1.3 Bildschirmbasierte Mensch-Maschine-Schnittstellen

Heutzutage werden an Stelle von klassischen Anzeigeelementen und mechanischen Eingabelementen immer mehr bildschirmbasierte Rechneinheiten zur Steuerung von Maschinen verwendet. Die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine erfolgt hierbei

über einen Monitor und über ein oder mehrere für die Eingabe von Daten in bildschirmbasierten Systemen geeignete Elemente. Die Gestaltung über Rechneinheiten mit einem Monitorsystem stellt auch die Grundlage der Gestaltung von Fahrerinformationssystemen dar, weshalb die folgende Betrachtung auch als Grundlage für die Betrachtung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil dient.

### 2.1.3.1 Aktuelle Entwicklung der Mensch-Maschine-Systeme durch Mikroprozessortechnik

In den nächsten Jahren ist mit einer Vervielfachung des Einsatzes der Mikroelektronik in einfachen Gebrauchsgegenständen zu rechnen, wodurch Mensch-Computer-Schnittstellen auch im Alltagsgebrauch einen immer größeren Stellenwert einnehmen werden. *Herczeg (1994)* führt Beispiele auf, bei denen die Durchdringung des Alltags durch Computer sichtbar wird. Die ergonomische Problemstellung verschiebt sich somit zunehmend von einer rein anthropometrischen und mechanischen Betrachtung in die Problemstellung der Gestaltung der Software und deren Bedienoberflächen. Aus diesem Grund gewinnt die Software-Ergonomie immer mehr auch für Gegenstände des Alltagsgebrauchs an Bedeutung und stellt einen entscheidenden Faktor für die qualitativ hochwertige Gestaltung von zukünftigen Nutzerschnittstellen, auch im Fahrzeug, dar. *Stary (1996)* definiert Software-Ergonomie folgendermaßen: »Zielsetzung der Software-Ergonomie ist, Computersysteme entsprechend der menschlichen Arbeitsbedürfnisse zu gestalten und danach zu bewerten.« Dementsprechend steht in der Software-Ergonomie die Anpassung von Aufbau und Struktur von Anwendungsprogrammen an die mentalen, psychischen und emotionalen Leistungsmöglichkeiten und Belastungsgrenzen im Mittelpunkt von Untersuchungen. »Die Software-Ergonomie hat ... die Aufgabe, Software-Anwendungen besser mit Benutzeranforderungen in Einklang zu bringen und somit Produktivität, Flexibilität und Qualität von Produkten und Dienstleistungen zu steigern. Software-Ergonomie beschäftigt sich mit der Analyse, Gestaltung und Evaluation von Informations- und Kommunikationssystemen, wobei der Mensch mit seinen individuellen und sozialen Bedürfnissen im Mittelpunkt der Betrachtung steht« *Bullinger (1994)*. Bei der Betrachtung der gesamten Mensch-Maschine-Schnittstelle in modernen Systemen ist der softwaregesteuerte Teil meist zwar die wesentliche Komponente der Schnittstellengestaltung, selbstverständlich spielen jedoch auch diejenigen Komponenten, die auch bei Rechnersystemen nicht in Software dargestellt werden, wie beispielsweise die anthropometrischen Eigenschaften der Eingabeelemente, eine Rolle. Idealerweise ergänzen sich bei einer qualitativ hochwertigen Gestaltung Software und Hardware optimal.

### 2.1.3.2 Eigenschaften von bildschirmbasierten Schnittstellen

Der wesentliche Vorteil der Gestaltung eines Dialogs über eine Bildschirmoberfläche liegt in der Flexibilität des Rechnersystems. Durch die freie Möglichkeit der Gestaltung können im Gegensatz zu konventionellen, mechanischen Anzeige- und Bedienelementen Informationen aufbereitet werden und dem Nutzer als gezielte Information dargestellt werden. Für den Anwender besteht so die Vereinfachung, dass der Arbeitsprozess leicht visualisiert und transparent gemacht werden kann. Die temporäre Ansteuerung von Bildschirminhalten ermöglicht eine gezielte situative Aufbereitung und Darstellung der Informationen. Räumlich kann Information gezielt auf einem kleineren Raum dargestellt werden, wodurch sich Vorteile in der anthropometrischen Gestaltung gegenüber mechanischen Komponenten ergeben können. Beim Einsatz von grafischen Standardelementen besteht über wirtschaft-

liche Faktoren hinaus der Vorteil, einmal erlernte Sachverhalte auf andere Systeme übertragen zu können. Durch die Möglichkeit, Softwarevarianten zu generieren, besteht der Vorteil, die Systeme zu individualisieren. Beispielsweise können so dem Nutzer individuell Funktionsumfänge zur Verfügung gestellt oder Ländervarianten generiert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, bei gleicher Hardware durch Erneuerung bzw. Ergänzung der Software neuere oder weitergehende Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Man spricht dann von sog. Upgradefähigkeit. Ein weiterer Vorteil bei der bewussten Gestaltung einer Mensch-Computer-Schnittstelle ergibt sich aus der Möglichkeit, den Benutzer interaktiv in den Handlungsprozess mit einzubeziehen, z. B. ihn bewusst zu einer Handlung aufzufordern. Unter einer Benutzerführung sind nach *Kraiss (1993)* »Maßnahmen zu verstehen, welche die Unsicherheit eines Operateurs hinsichtlich der richtigen Aktion verringern. Dieses Gestaltungsziel kann durch Hilfefunktionen, Systemmeldungen und Informationsfilterung erreicht werden. Letzteres bedeutet eine Sperrung und Ausfilterung momentan nicht benötigter Informationen und Funktionen eines Systems. Der Benutzer erfährt dadurch, welche Aktionen in einer bestimmten Betriebssituation zur Erreichung eines Ziels sinnvoll, zulässig und wichtig sind. Die verminderte Anzahl der verfügbaren Optionen erleichtert den Lernprozess und reduziert die Fehlerzahl.« In diesem Zusammenhang taucht auch oft der Begriff »benutzeradaptiver Dialog« auf. Die Zielsetzung benutzeradaptiver Mensch-Maschine-Dialoge ist die dynamische Anpassung der Arbeitsaufgabe und des Bearbeitungsweges an die aktuellen Bedürfnisse und an das Leistungsvermögen der Operateure.

Die Problematik einer vorgeschalteten Rechneinheit der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist das Verlieren eines unmittelbaren Feedbacks des Arbeitsprozesses. Um so wichtiger ist es deshalb für den Gestalter, der Mensch-Maschine-Schnittstelle ein für den Benutzer verständliches und nachvollziehbares System zu entwickeln, da es selbst dem versierten Anwender oftmals nicht gelingt, ein inneres Modell für die Funktionsweise der den Arbeitsprozess bestimmenden Technik zu bilden.

#### **2.1.4 Bewertung der Mensch-Maschine-Schnittstelle**

Im folgenden stellt sich die Frage, welche Messmethoden zur Verfügung stehen, um die Qualität der (bildschirmbasierten) Mensch-Maschine-Schnittstelle beurteilen zu können. Nach *Stary (1996)* ist die Bewertung interaktiver Systeme eines der am wenigsten empirisch abgesicherten Gebiete der Mensch-Maschine-Kommunikation. Dennoch lassen sich aus der Bewertung von klassischen Schnittstellen Ableitungen für bildschirmbasierte Benutzeroberflächen machen: Als Messkriterium für die ergonomische Gestaltung eines Produktes kann die erbrachte Leistung, die Beanspruchung des Nutzers sowie ein subjektives Urteil des Nutzers dienen. Zudem können die gezielte Fehlerbeobachtung bzw. die Analyse der möglichen Fehler eines Gesamtsystems als Mittel dienen, um die Qualität zu steigern. *Ulmer (1993)* definiert Belastung, Leistung und Beanspruchung: »Unter Belastung versteht man eine vorgegebene Anforderung, die von äußeren Bedingungen, nicht aber vom betroffenen Individuum abhängt. Reagiert der Mensch auf die Belastung, erbringt er eine Leistung, wobei individuelle Reaktionen die gleichzeitige Beanspruchung des Organismus anzeigen. Alle drei Größen können messbar sein. Man unterscheidet zwischen physischer und psychischer Belastung.« Eine scharfe Trennung ist jedoch oft anhand der diversen Beanspruchungsreaktionen nur sehr schwierig zu vollziehen.

### 2.1.4.1 Bewertungskriterien der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle

Für die Bestimmung der Qualität einer Mensch-Maschine-Schnittstelle ist es zunächst notwendig, Kriterien für die Gestaltung einer qualitativ hochwertigen Benutzeroberfläche aufzustellen. Im folgenden soll ein zusammengefasster Überblick über die Kriterien und daraus resultierende Forderungen für die Bewertung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle in Fahrzeugen entwickelt werden. Die Problematik wiederum ist die Messbarkeit der Kriterien, da diese meist nicht objektiv erfassbar sind. DIN EN ISO 9241 beschreibt Gestaltungsgrundsätze zur Dialoggestaltung. Ähnliche Kriterien finden sich in den meisten Literaturquellen zur Bewertung interaktiver Systeme wieder.

- Aufgabenangemessenheit
- Selbstbeschreibungsfähigkeit
- Steuerbarkeit
- Erwartungskonformität
- Fehlerrobustheit

Durch den neueren ISO-Standard 9421 Teil 10 wird diese Norm noch um zwei zusätzliche Kriterien erweitert:

- Individualisierbarkeit
- Lernförderlichkeit

Für eine Bewertung von interaktiven Systemen schlägt *Stary (1996)* mehrere Ebenen vor:

- Eine Ebene der Arbeitsgestaltung, wobei die Verknüpfung der Arbeitsorganisation mit dem interaktiven System, d. h. die prinzipielle Anwendung sowie die Aufgabenteilung zwischen Benutzern und Computersystem, bewertet wird.
- Die Ebene der Interaktionsformen, in der die Arten und der Ablauf der Interaktion bewertet werden.
- Die Ebene der Darstellung, Ein- und Ausgabe via Information, in der die Granularität von Information, ihre Anordnung, Formenvielfalt und Codierung zur Interaktion bewertet werden.

*Stary (1996)* unterscheidet dabei bezüglich der Bewertbarkeit interaktiver Systeme nach Aufgabenangemessenheit, Robustheit und fügt den Punkt Adaptierbarkeit hinzu. Unter letzterem versteht *Stary* die Möglichkeit, ohne großen Aufwand Veränderungen an der Aufgabenverteilung, -erfüllung und -organisation als auch an der Interaktion durchführen zu können.

### 2.1.4.2 Fehleranalyse

Eine weitere Methode, mit der die Qualität der Mensch-Maschine-Schnittstelle bewertet werden kann, stellt die Erfassung der möglichen Fehler, bzw. bei Bearbeitung der Aufgabenstellung tatsächlich durchgeführten Fehler in einer Versuchsreihe dar. Dabei ist davon auszugehen, dass je weniger Fehler in einem System gemacht werden (können), umso hochwertiger ist die Gestaltung der Schnittstelle. *Perrow (1984)* weist nach, dass mit steigendem Komplexitätsgrad des technischen Systems auch dessen Fehleranfälligkeit zunimmt. *Bubb & Schmidtke (1993)* definieren einen Fehler aus Sicht der Systemergonomie als eine nicht tolerierbare Abweichung von der geforderten Qualität. *Bubb & Schmidtke* zitieren in

diesem Zusammenhang DIN 55350, nach der der Begriff Zuverlässigkeit mit dem Begriff der Qualität zusammenhängt. *Reason (1990)* definiert den menschlichen Fehler als »eine unangemessene oder unerwünschte menschliche Entscheidung oder Handlung, die die Sicherheit und Effektivität eines technischen Systems reduziert.« Grundsätzlich gibt es bei der Fehlerbetrachtung zwei Möglichkeiten der Analyse: Zum einen können Fehlhandlungen bei der Aufgabenabarbeitung beispielsweise in Versuchsreihen beobachtet werden oder aufgetretene Fehler in Form von Unfallstatistiken aufgenommen und daraus eine statistische Auswertung abgeleitet werden. Zum anderen besteht bereits bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle die Möglichkeit, die Gesamtzuverlässigkeit des Systems mit Hilfe der Abschätzung der menschlichen Fehler im voraus zu bestimmen. Die sog. Fehlerrate in einem Gesamtsystem kann beobachtet werden und zwar als zeitbezogene Fehlerrate  $L_\lambda$ .

$$\text{Fehlerrate } L_\lambda = \frac{\text{Zahl der Fehler}}{\text{Zeiteinheit}} \quad \text{Formel 1.2: Fehlerrate } L_\lambda$$

Die Fehlerwahrscheinlichkeit  $F$  eines Systems kann dann abgeschätzt werden durch die Zahl der beobachteten Fehler im Verhältnis der Zahl der möglichen Fehler. Wenn die Zuverlässigkeit einzelner Systemkomponenten bekannt ist, kann die Gesamtzuverlässigkeit des Systems durch Anwendung der Verknüpfungsregeln für Wahrscheinlichkeiten berechnet werden. Bei einer retrospektiven Fehlerbetrachtung können die Fehler genauer klassifiziert werden. Nach *Reason (1990)* muss dabei unterschieden werden zwischen solchen Fehlern, die mit »Absicht« begangen werden, weil man annimmt, richtig zu handeln und solchen Fehlern, die unbeabsichtigt eintreten und auf Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsstörungen zurückzuführen sind. *Reason* bezeichnet alle diese Fehler als aktive Fehler, da sie vom Bediener des technischen Systems gemacht werden. *Rouse & Rouse (1983)* wählen einen Klassifizierungsansatz, der eher auf den Entstehungsort eines Fehlers eingeht. Bei *Rasmussen (1981)* wird unterschieden zwischen Fehlern, die auf unterschiedlichen Verhaltens Ebenen, der Gewohnheits-, Regel- und Wissensebene auftreten. Die Fehlerklassifikation nach *Rouse & Rouse* und *Rasmussen* sind in Anhang 1 dargestellt. *Bubb (1992)* bezeichnet die Einteilungen von *Rouse & Rouse* und *Rasmussen* als sogenannte kombinierte Klassifizierungsansätze, weil sie sowohl das Auftreten von Fehlern, als auch deren Ursache berücksichtigen. Auch der Ansatz von *Reason* darf dazu gezählt werden. In den Probandenversuchen in den Kapiteln 5 und 6 wird ein Ansatz gemacht, der die Fehler entsprechenden Handlungsschritten aus der systemergonomischen Analyse zuweist. Eine differenziertere Zuordnung nach *Rouse & Rouse* ist sinnvoll, führt jedoch erst bei einer deutlich größeren Fehleranzahl und daraus resultierender benötigter Versuchspersonenzahl zu statistisch auswertbaren Ergebnissen.

## 2.2 Aufgabenstellung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil

Entscheidender Faktor bei der Gestaltung von Fahrzeug-Schnittstellen ist die Dynamik des Automobils. Nach *Möhler (1987)* ist durch die hohen Fahrgeschwindigkeiten eine enorme Datenverarbeitungsleistung seitens des Fahrers notwendig. Beim Führen des Kraftfahrzeugs ist die Nutzung von automatisierten sensorisch-motorischen Prozessen für

Teilaufgaben wegen schneller Reaktionsmöglichkeiten und resultierender Beanspruchung notwendig. *Käppler & Bernotat (1985)* erwähnen eine Untersuchung, wonach ein Fahrer im Straßenverkehr innerhalb von 30 Sekunden bis zu 45 verschiedene Handlungen durchzuführen habe. Hierbei handelt es sich zum größten Teil um unkontrolliert ablaufende, automatisierte Prozesse. Nach *Zimmer & Dahmen-Zimmer (1997)* wird geschätzt, dass über 90 % der Informationen für den Autofahrer visueller Natur sind. Hat der Fahrer außerdem noch eine visuelle Zusatzaufgabe zu lösen, so wird möglicherweise die Aufnahme und Verarbeitung der Information, die zum Lenken des Fahrzeugs nötig ist, beeinträchtigt. Während sich die physische Beanspruchung im Automobil, bedingt durch die Sitzhaltung und eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit während der Fahrt, auf muskuläre Haltearbeit beschränkt, lässt sich die mentale Beanspruchung durch Fahr- und Zusatzaufgaben nur sehr schwierig konkretisieren. Eine Methode besteht in der Messung der Qualität der Fahrgüte, z. B. in einem Simulator, und deren Schwankung beim Bearbeiten von Zusatzaufgaben.

### 2.2.1 Primärfunktion

Zunächst ist eine klare Definition von Fahr- und Zusatzaufgabe zu treffen: Die Aufgabenstellung beim Führen eines Kraftfahrzeugs kann in die Primärfunktion sowie in Sekundär- und Tertiärfunktionen unterteilt werden: Unter der Primärfunktion wird die eigentliche Fahraufgabe verstanden. Diese kann nach *Käppler & Bernotat (1985)* in die drei Bereiche Navigation, Führungsaufgabe und Stabilisationsaufgabe eingeteilt werden. Hierbei wird unter Navigation die Planung der gewünschten Fahrstrecke verstanden. Dabei kann es sich um einen rein statischen Prozess handeln, der auch bereits vor der Fahrt getätigt werden kann. Unter der Führungsaufgabe wird aus dem Streckenverlauf und den Umgebungsbedingungen der genaue Weg und die Geschwindigkeitsänderung während des Führens des Kraftfahrzeuges verstanden. Dabei kann die vom Fahrer gewählte Geschwindigkeit durchaus als ein Kriterium für die mentale Auslastung des Fahrzeugführers gesehen werden. *Möhler (1987)* kann eine hohe Datenverarbeitungsleistung von Fahrern bei hohen Geschwindigkeiten nachweisen. Nach *Hoyos & Kastner (1986)* wählen Versuchspersonen ein umso niedrigeres Tempo, je schwieriger und komplexer die Verkehrssituation wird. Der ideale Streckenverlauf lässt sich im Realverkehr nur schwer messen, während dies in der Fahrsimulation sehr genau möglich ist. Bei der Stabilisationsaufgabe gilt es, die aktuellen Umgebungsbedingungen mittels der Fahrzeugbedienelemente zur Fahrdynamik umzusetzen. Dabei handelt es sich um ineinander verschaltete Regelkreise. Wenn die Aufgabe auf dem Niveau der Stabilisierung nicht mehr erfüllbar ist, kann es so durchaus zu einer Veränderung der Führungsaufgabe kommen.

### 2.2.2 Sekundärfunktionen

Unter Sekundärfunktionen beim Führen des Automobils werden Aufgaben verstanden, die zwar direkt mit der Fahraufgabe zu tun haben, die Fahraufgabe direkt jedoch nicht beeinflussen. Ein Beispiel ist die Betätigung des Blinkers. In der Regel handelt es sich bei den Sekundäraufgaben um dynamische Aufgaben, da ihre Ausführung an ein bestimmtes Zeitfenster gekoppelt ist. Am Beispiel Blinker ist dies der Streckenabschnitt vor dem Abbiegevorgang, am Beispiel Scheibenwischer ist es die nasse Windschutzscheibe, die möglichst schnell wieder frei gemacht werden soll.

### 2.2.3 Tertiärfunktionen

Unter den Tertiärfunktionen können diejenigen Aufgaben verstanden werden, die mit der Fahraufgabe nichts zu tun haben. Beispiele hierfür sind Komfortfunktionen wie die Regelung der Temperatur oder die Steuerung von Unterhaltungsmedien, wie der des Autoradios. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit soll sich auf die Tertiärfunktionen im Automobil beschränken. In der Regel handelt es sich bei den Tertiäraufgaben um statische Aufgaben, die nicht zwangsweise an ein bestimmtes Zeitfenster gekoppelt sind, sondern einen bestimmten Nutzerwunsch, der im allgemeinen von den Fahrbedingungen unabhängig ist, befriedigen sollen.

## 2.3 Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil

### 2.3.1 Verteilung zwischen Primäraufgabe und Zusatzaufgaben

Nach *Geiser (1985)* ist darauf zu achten, dass die Zusatzaufgaben (Tertiärfunktionen) keine zu große Ablenkung des Fahrers von den fahrrelevanten Aufgaben bewirken. Es stellt sich die Frage, ob eine Zusatzaufgabe generell einen Einfluss auf die Primäraufgabe hat. *Renner (1995)* konnte nachweisen, dass alleine die Tatsache, dass Versuchspersonen erwarten, eine Zusatzaufgabe erfüllen zu müssen, die Leistung in einer Trackingaufgabe im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die nur die Trackingaufgabe zu erledigen hatte, verschlechtert. Nach *Vogel (1998)* ist aufgrund von Kompensationsmechanismen jedoch nicht zwangsläufig davon auszugehen, dass eine Zusatzbelastung zu einer Verschlechterung der Fahrleistung im Sinne geringerer Verkehrssicherheit führt. Aufgrund von Versuchen zur Aufgabenverteilung zwischen Fahr- und Zweitaufgabe gibt *Zimmer (1998)* bezüglich der Gestaltung von Zweitaufgaben im Fahrzeug hinsichtlich des Abwendungs- und Ablenkungsproblems folgende Hinweise:

- Bei der Gestaltung von Haupt- und Nebenaufgaben sollten die Reize asymmetrisch danach gestaltet werden, dass zwar die Hauptaufgabe automatisch Aufmerksamkeit auf sich zieht, die Zweitaufgabe jedoch nur aufgrund von Abwendung gewählt wird. Ist diese Asymmetrie gegeben, dann ist bei zeitkritischen Anforderungen in der Hauptaufgabe eine Rückzuwendung ohne Zeitverzögerung möglich.
- Die Zweitaufgabe muss hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit jederzeit unterbrechbar und ohne Erinnerungsanstrengungen bei Wiederzuwendung in ihrem Zustand identifizierbar sein.
- Die Informationsdichte der Zusatzaufgabe muss so gestaltet werden, dass es nicht zu einer massiven Verengung des funktionalen Sehfeldes führt, so dass dann im Bereich der Erstaufgabe Singularitäten nicht mehr automatisch Aufmerksamkeit auf sich ziehen.

### 2.3.2 Relevante Normen und Richtlinien

Während die Gestaltung von Bedienelementen für die eigentliche Fahraufgabe genormt ist, gibt es im Bereich der zusätzlichen Funktionen keine Vereinheitlichung. Die Fahrzeughersteller nähern sich in diesem Punkt jedoch verstärkt einander an. Ein Beispiel hierzu ist die Verwendung eines Drehreglers zur Fahrlichtbetätigung in der Instrumententafel auf der linken Seite des Lenkrades, die von immer mehr Fahrzeugherstellern eingesetzt wird. Das SAE-Gremium (Society of automotive engineers) beschäftigt sich mit der für Kraftfahrzeuge vereinheitlichten Betätigungsstrategie und Anzeige von neuen Funktionen. Neue Richtlinien gehen eher in die Richtung von Empfehlungen für die Gestaltung von Komponenten der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle. Als Beispiel ist hier der Grundsatzkatalog MMI der europäischen Kommission mit dem Status eines Gesetzes aufzuführen (Vorschrift 2000/53/EG). Dieser Grundsatzkatalog fasst die wesentlichen Sicherheitsaspekte zusammen, die bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle für On-Board Informations- und Kommunikationssysteme zu berücksichtigen sind. Entsprechende Normen werden von der Empfehlung aufgegriffen. Die Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA) hat ihrerseits mit der »Guideline for In-Vehicle Display Systems« eine Grundlage für die Gestaltung von bildschirmbasierten Bediensystemen geschaffen. Die Grundsatzkataloge sind derzeit noch allgemeingültig gehalten, haben empfehlenden Charakter und erlauben den Fahrzeugherstellern genügend Gestaltungsspielraum. Zunehmend geht der Trend jedoch zu einer gesetzlichen Richtlinie. Im Anhang I–3 ist ein Überblick über die wichtigsten zu erfüllenden Normen für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil dargestellt.

### 2.3.3 Nutzeranforderungen

Ein Kraftfahrzeug wird im Gegensatz zu Anwendungen, die einen hochtrainierten Nutzerkreis voraussetzen, wie z. B. Flugzeugcockpits, Schiffs- und Kraftwerkswarten, von einem Nutzerkreis, der unterschiedlichstes Vorwissen mitbringt, betätigt. Oftmals nehmen sich die Anwender in einem für sie unbekanntem Kraftfahrzeug zudem nicht die Zeit, Fahrzeugfunktionen, die über die normale Fahraufgabe hinausgehen, vor Fahrtantritt zu studieren. Ein Problem bei der Auslegung von Nutzerschnittstellen im Automobil ist, dass die Funktionsinhalte oft nicht den tatsächlichen Nutzeranforderungen gerecht werden, sondern die tatsächlichen Bedürfnisse der einzelnen Anwender übertrifft. Der Umfang der Funktionen wird von vielen Kunden beim Kauf eines Neuwagens nicht nach ihrem tatsächlichen Bedarf zusammengestellt. Hier spielen Faktoren wie Marktanforderungen, Marketing, aber auch die Kosten und Akzeptanz auf dem Markt, eine wichtigere Rolle als tatsächliche Nutzerbedürfnisse. Zudem spielen nationale Unterschiede bei der Gestaltung von Bedienoberflächen im Automobil eine große Rolle. Hier sind neben anthropometrischen Unterschieden (*Flügel et al. 1986*) auch soziale und kulturelle Unterschiede zu berücksichtigen. Als Beispiel sei hier die Gestaltung des Bordmonitorsystems angeführt, bei dem der Funktionsinhalt bei vielen Herstellern für den asiatischen Markt deutlich höher ist, als der für die üblichen Märkte. Hier ist im japanischen bzw. asiatischen Markt von einer deutlich höheren Akzeptanz einer elektronischen Bedienung und einem höheren Nutzerwissen sowie weitreichenderer Infrastruktur auszugehen, als auf dem US-Markt. Eine fehlende, bzw. unterschiedliche Infrastruktur erfordert teilweise eine differenzierte Struktur der Bedienoberfläche. Beispielsweise werden in den USA Straßen überwiegend mit Nummerierung beschriftet, während die numerische

Benennung in Deutschland nur sekundär verwendet wird. In Japan existieren keinerlei Straßenkennzeichnungen. Die genaue Zieleingabe im Navigationssystem erfolgt hier vor allem grafisch über digitale Karten. Analoge Unterschiede, wie eine differenzierte Senderstruktur, sind im Audibereich aufzufinden.

### 2.3.4 Anthropometrische und geometrische Anforderungen

Bei der Gestaltung des Fahrzeuginterieurs ist ein großer Spielraum bezüglich der anthropometrischen Eigenschaften des Anwenderkreises zu berücksichtigen. Hierbei wird meist auf den Anwenderkreis zwischen dem 05. Perzentil weiblich und dem 95. Perzentil männlich zusätzlich eines Akzelerationszuschlages für das jeweilige Jahr beschränkt, in dem das Fahrzeug auf dem Markt vorgestellt wird. DIN 33402 gibt eine Aussage von relevanten Körpergrößen. Eine weitere Vergrößerung des Perzentilbereichs, etwa vom 1. bis zum 99. Perzentil, wäre aufgrund der enormen Umfänge für alle Auslegungen und Verstellwege technisch kaum möglich. Im Automobil gilt es vielmehr, für sämtliche Anwender anthropometrische Verhältnisse herzustellen, die die Verkehrssicherheit nicht gefährden und eine sichere Ausführung der Fahraufgabe ermöglichen. Die Bedienung für Funktionen im Fahrzeug, die nicht direkt mit der Fahraufgabe zu tun haben, hat sowohl vom Fahrerplatz als auch vom Beifahrerplatz zu funktionieren. *Knoll & Geiser (1990)* weisen darauf hin, dass moderne Informationssysteme nicht nur dem Fahrer, sondern auch dem Beifahrer nützlich sind und somit zugänglich sein sollten. Durch die fixierte Haltung steht beiden Personen nur ein begrenzter Greifraum zur Verfügung. Abhängig davon, ob von der Fahrerposition oder der Beifahrerposition bedient wird, hat die Betätigung ein- und desselben Betätigungselementes somit aus zwei unterschiedlichen Winkeln zu erfolgen. Ebenso sind Anzeigen von zwei verschiedenen Blickwinkeln zu berücksichtigen. Darauf ist vor allem beim Einsatz von LCD-Displays, deren Ablesbarkeit stark blickwinkelabhängig ist, zu achten. Zudem ist als gesetzliche Anforderung für die Positionierung der Displays die Gesetzesvorlage 77/649/ewg (geändert durch 90/630/ewg) zu erfüllen, die eine Positionierung der Displays in den direkten Sichtbereich des Fahrers auf die Straße (sog. 4°-Linie) verhindert. Außerdem sind länderspezifische Gesetzesanforderungen (z. B. »Safety Regulations for Road Vehicles« in Japan) für die Anordnung von Bedienelementen zu erfüllen.

### 2.3.5 Anforderungen aufgrund von Umgebungseinflüssen

Durch mechanische Einflüsse, die im Automobil auftreten, werden im Fahrzeug im Vergleich zum stationären Einsatz erhöhte Anforderungen an die verwendete Technik gestellt. Aus diesem Grund ist eine Technik aus dem Elektronikbereich erst nach einer allgemeinen Ausreifungsphase im Automobil einsetzbar. *Kempf (1995)* stellt die Einsatzzeitpunkte elektronischer Bauteile im Automobil und die jeweilige zeitliche Verschiebung zu Anwendungen aus dem stationären Bereich dar: Im Schnitt ist mit einer Zeitspanne von fünf bis acht Jahren zu rechnen. Die erhöhten mechanischen Anforderungen im Automobil ergeben sich aus Schwingungen im Fahrzeug, Beschleunigungskräften, Temperaturschwankungen sowie Anforderungen an die Dauerhaltbarkeit und Verschmutzungsunempfindlichkeit. Im Automobil liegen Temperaturschwankungen von ca.  $-45^{\circ}\text{C}$  bis zu  $+80^{\circ}\text{C}$  vor. Aus Sicht der Ergonomie ist darauf zu achten, dass es bei den hohen Temperaturen im Fahrzeug durch Schweißbildung an den Handflächen zu einer Veränderung des Reibwertes der Handflächen kommen kann, die die Bedienung von Schalteroberflächen beeinträchtigt. Dies ist bei

der Materialwahl und der Oberflächengestaltung zu berücksichtigen. Zudem werden bei niedrigen Temperaturen die Ansprechzeiten der Displays verlangsamt, wodurch sich die Rückmeldezeiten verschlechtern. Bei der Gestaltung, vor allem von Bedienelementen, die auf einer nicht horizontalen Fläche angebracht sind und an denen keine Möglichkeit einer Handunterstützung vorliegt, kann es durch die Vibrationen im Fahrzeug und die Einwirkung der Fahrzeugbeschleunigung und -verzögerung sowie Querschleunigung zu einer Beeinträchtigung der Bediensicherheit kommen. Dem kann begegnet werden durch eine geeignete Handauflage vor den Bedienelementen sowie durch eine geeignete Gestaltung der Bedienelemente, bei der der Finger in Richtung des Bedienelementes geführt wird. *Bullinger & Solf (1979)* sowie *Bullinger et al. (1987)* schlagen z. B. eine Oberflächenbehandlung, differenzierte Materialwahl oder konkave Führung in den Bedienoberflächen vor. Bei der Gestaltung des Fahrzeug-Interfaces ist zusätzlich darauf zu achten, dass sich durch Abnutzung und Verschmutzung die mechanischen Eigenschaften eines Bedienelementes, aber auch die Anzeige durch Einwirkung von UV-Licht, Abnutzung, Verschmutzung etc. verändern können. Die Bediensicherheit muss allerdings über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus erhalten bleiben.

## 2.4 Bildschirmbasierte Bedienoberflächen im Automobil

### 2.4.1 Die Entwicklung von der konventionellen zur bildschirmbasierten Bedienoberfläche im Kraftfahrzeug

Bei der steigenden Anzahl der Informationsquellen ist auch eine entsprechende Anzeige, bzw. Eingabemöglichkeit notwendig. Nach *Gevert & Künzner (2003)* verfügt ein Fahrzeug der Luxusklasse mittlerweile über ca. 500 vom Fahrer zu bedienende Funktionen. Der räumliche Bedarf der verschiedenen Anzeigen und Eingabeelemente, die auf konventionelle Weise nicht mehr ergonomisch in der Instrumententafel untergebracht werden können, führt dabei zur Integration von mehreren Systemen in ein zentrales Anzeige- und Bediensystem. Während zentrale Anzeige- und Bediensysteme zunächst vor allem in den Fahrzeugen der oberen Klasse, unter anderem bedingt durch die häufige Integration von Navigationssystemen, bereits Einzug gehalten haben, werden mittlerweile auch immer mehr Fahrzeuge der Mittelklasse mit zentralen Anzeige- und Bediensystemen ausgerüstet. Während im November 2002 in der Mittelklasse von 56045 in Deutschland zugelassenen Fahrzeugen 5226 serienmäßig mit einem bildschirmbasierten System ausgerüstet sind (9,3 %), sind dies 2004 bereits 6842 von 48734, entsprechend 14,2 %. In der Oberklasse stieg der Anteil, bedingt durch die generell höhere Ausstattungsrate in diesem Segment im gleichen Zeitraum von 2,2 % auf 87,5 % ab Serie. In Abbildung 2.3 sind die Anteile der gesamten zugelassenen Fahrzeuge mit optionalen oder serienmäßigen Fahrerinformationssystemen gegenüber den Gesamtanteilen in dem jeweiligen Segment für Mittelklasse und obere Mittelklasse dargestellt. Noch deutlicher wird das Verhältnis der Anzahl der Modelle im jeweiligen Segment mit einer Ausstattung mit einem bildschirmbasierten System. Während in der Mittelklasse die Zahl kontinuierlich steigt, ist in der oberen Mittelklasse in den meisten Fahrzeugen die Ausstattung mit einem bildschirmbasierten System mittlerweile Standard, wie aus Abbildung 2.4 deutlich zu erkennen ist. (*Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt 2002/2004*).

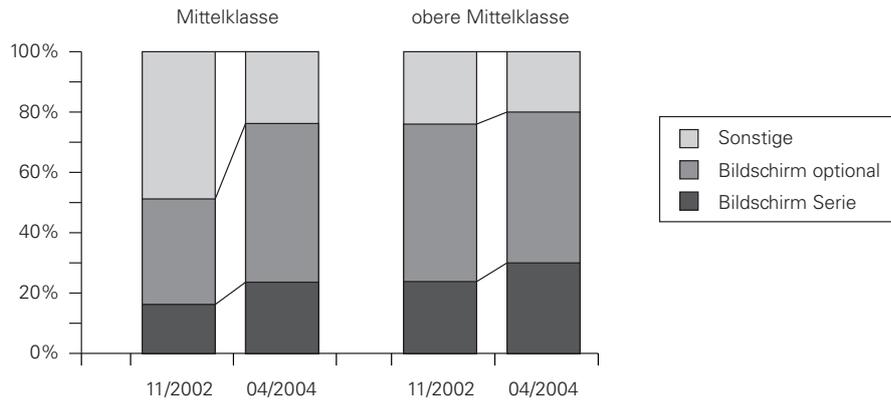


Abbildung 2.3:  
Zugelassene Fahrzeuge  
mit bildschirmbasiertem  
Bediensystem im jeweiligen  
Segment  
(Quelle: Kraftfahrt-Bundes-  
amt, Zulassungsstatistiken  
11/2002 und 04/2004)

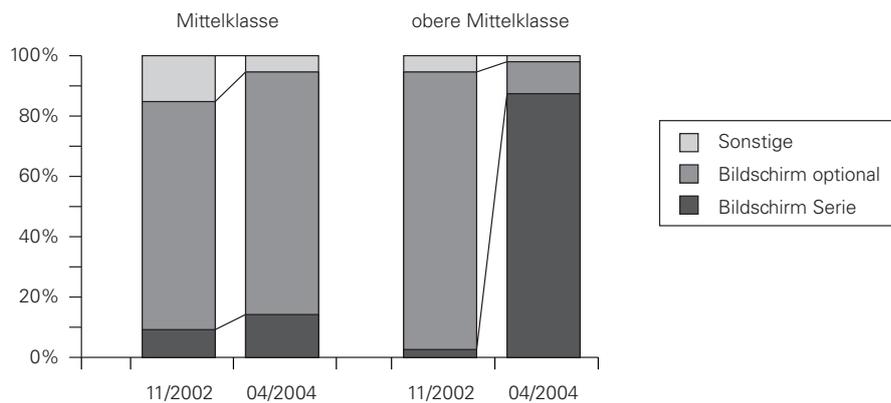


Abbildung 2.4:  
Prozentualer Anteil der Fahr-  
zeugmodelle mit bildschirm-  
basiertem Bediensystem im  
jeweiligen Segment  
(Quelle: Kraftfahrt-Bundes-  
amt, Zulassungsstatistiken  
11/2002 und 04/2004)

## 2.4.2 Der Einfluss von bildschirmbasierten Bedienoberflächen auf die Primäraufgabe

*Schattenberg & Debus (2000)* vergleichen ein multimodales Anzeige- und Bedienkonzept mit einem konventionellen System bezüglich Fahrgüte und Anzahl der bearbeiteten Aufgaben in einer Zeiteinheit in einem Fahrsimulator. Sie können Nachteile des bildschirmbasierten Systems bezüglich der Blickzuwendungszeiten und der Anzahl der bearbeiteten Aufgaben nachweisen. *Schattenberg & Debus* begründen dies durch die Menünavigation im Bildschirmbasierten System. Dabei hat die Menütiefe einen deutlichen Einfluss auf die Anzahl der erfüllten Aufgaben. Erstaunlich ist jedoch die subjektive Beurteilung der Versuchspersonen, nach der das bildschirmbasierte System bezüglich der Bedienbarkeit besser als das konventionelle System beurteilt wird. *Bengler et al. (2002)* weisen ebenfalls eine längere Aufgabenbearbeitungszeit in einem zentralen Bediensystem im Vergleich zu einer konventionellen Bedienung nach, können aber eine geringere Beeinträchtigung der Fahraufgabe beim zentralen System nachweisen. Die Validierung erfolgte hier in einem Simulator mit einem Blickbeobachtungssystem. Durch die Verwendung eines Seriensystems bei dem konventionellen System sowie praxisnahe Aufgaben war die Praxisnähe bei *Bengler et al.* höher als bei *Schattenberg & Debus*, *Knoll & Geiser (1995)* weisen im Gegensatz zu *Schattenberg & Debus* verbesserte Ablesezeiten bei einem zentralen Informations-Display im Vergleich zu einer konventionellen Anzeige über ein LCD-Display nach. *Keinath et al. (2000)* können einen signifikanten Einfluss der Komplexität der Aufgabenstellung von Displaydarstellungen auf die Qualität der Aufgabenerfüllung mit Hilfe der sog. Okklusionsmethode (*Gross, 2000*) nachweisen. Es stellt sich deshalb die Frage, wie sich der Komplexitätsgrad einer Aufgabe auf

die Fahrgüte sowie die Bearbeitungsqualität der Aufgabe in bildschirmbasierten Bediensystemen im Stand- und Fahrversuch auswirken. Die Frage ist außerdem, wie sich eine differenzierte Menügestaltung des zentralen Anzeige- und Bediensystems auf die Bedienbarkeit und wie sich das Verhältnis von objektiven und subjektiven Ergebnissen beim Test von realen Automobilfunktionen auswirkt. Dies soll durch die Versuche in Kapitel 5 und 6 beantwortet werden.

## 2.4.3 Vorteile von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil

### 2.4.3.1 Geometrie

Bei einer Zusammenlegung der Informationsanzeigen aus den unterschiedlichen Informationsmedien in eine Bildschirmeinheit und einer Trennung der Bedieneinheit ist es möglich, diese Anzeige blickgünstiger, also weit oben in der Instrumententafel, zu platzieren. Bei einer kombinierten Bedien- und Anzeigeeinheit reduziert der Greifbereich der Bedienelemente die Platzierung der Anzeigeeinheit auf die Greifschalen. Abbildung 2.6 zeigt den Unterschied der Monitoranordnung eines BMW 5ers der Generation E39 (1997–2004) mit einer kombinierten Bedienung und Anzeige im Vergleich zu der Generation E60 (ab 2004) mit einer getrennten Bedien- und Anzeigeeinheit.

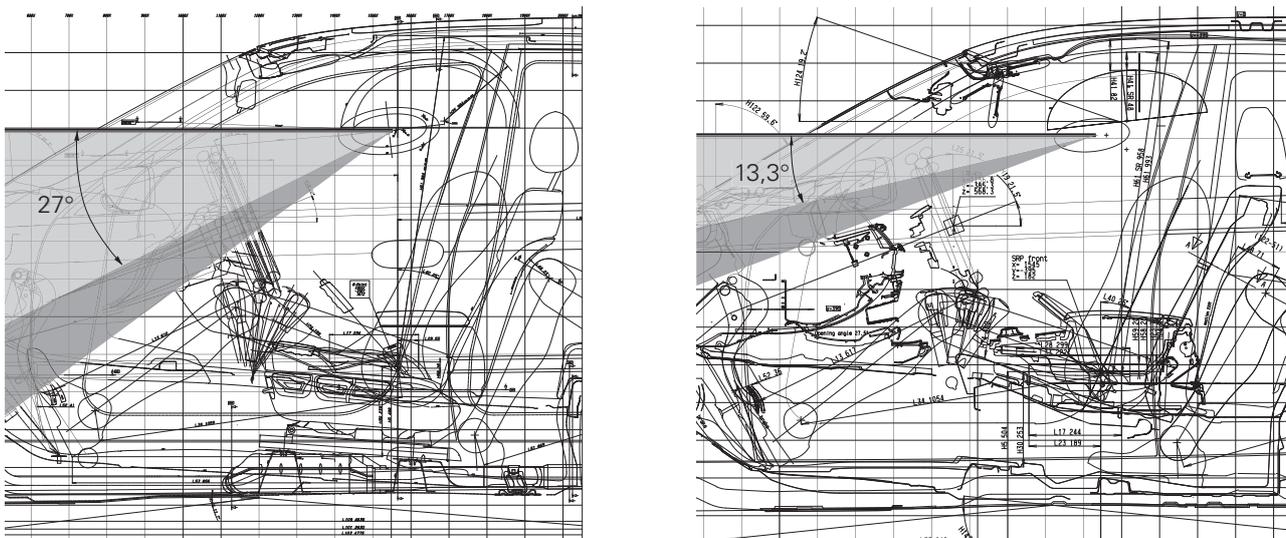


Abbildung 2.6: Winkel des Bordmonitors zur Horizontalen (Augelpypse 50. Perz.) am Beispiel des 5er BMW, links Modell E39 mit zusammengefasster Anzeige- und Bedieneinheit (bis 2004), rechts Modell E60 mit getrennter Anzeige- und Bedieneinheit (ab 2004)

Durch die Verringerung des Ablesewinkels in diesem Fahrzeug im Vergleich zur Horizontalen von  $27^\circ$  auf  $13,3^\circ$  werden die Ablenkungszeiten vom Straßenverkehr deutlich geringer. Dies bestätigen Versuche zur Anzeigenpositionierung von *Morita (1998)*. *Morita* führt Feldversuche mit diversen Displaypositionen durch, bei denen die Versuchspersonen als Primäraufgabe einen Bremsreaktionstest durchführen sollten. Dabei schneiden die tiefer positionierten Displays bei den Reaktionszeiten deutlich schlechter ab. Nach *Wendelin (2004)* beträgt der Blick des Fahrers auf ein Display, das hoch und zentral positioniert ist, durchschnittlich ca. 0,6 Sekunden. *Färber (1990)* führt Versuche mit der Okklusionsmethode durch und

untersucht die selbstgewählte Unterbrechung der Sicht auf die Straße von Versuchspersonen. Nach *Färber* entsprechen drei Sekunden der maximal tolerierbaren Ablenkung vom Verkehrsgeschehen. Nach *Bubb (1993/2)* werden Vorgänge, die in einer Zeitspanne von zwei Sekunden ablaufen, als einheitliche Abläufe erlebt. Bei Zeitmessungen von Blickabwendungen, die im Rahmen von Vorversuchen für diese Arbeit im Fahrbetrieb aufgenommen wurden, stellte sich ebenso eine durchschnittliche Blickabwendung der Versuchspersonen vom Verkehrsgeschehen von ca. zwei Sekunden heraus. Nach dieser Zeit nehmen die Fahrer einen kurzen Kontrollblick zur Straße, um notfalls die Betätigung einer Bediensequenz zu unterbrechen, falls es das Verkehrsgeschehen nicht weiter zulässt. Analoge Zeitwerte lassen sich bei *Zwahlen (1988)* finden.

### **2.4.3.2 Nutzerunterstützung und -führung**

Die variable Anzeigedarstellung im Monitor ermöglicht im Gegensatz zu einem konventionellen Bediensystem im Fahrzeug eine situationsspezifische Gestaltung. So kann die Informationsmenge situativ aufbereitet und für den Nutzer besser visualisiert werden, um eine Nutzerunterstützung und -führung zu erzielen. *Nirschl (1990)* vergleicht einen geführten mit einem ungeführten Dialog in der Dialoggestaltung von Fahrerinformationssystemen und kann kürzere Reaktionszeiten bei einem geführten Dialog nachweisen.

## **2.4.4 Funktionsinhalte von Fahrerinformationssystemen**

### **2.4.4.1 Navigationssysteme**

Ein Navigationssystem stellt derzeit von allen Komponenten die größten Ansprüche an ein Anzeige- und Bediensystem. So ist sowohl die Eingabeseite, wie beispielsweise die alphanumerische Eingabe von Zielinformationen, als auch die Ausgabeseite, wie eine Pfeildarstellung zur Informationsdarstellung oder eine Kartendarstellung, mit enormem Aufwand in der grafischen Darstellung verbunden. Konventionelle Bediensysteme können diese Anforderungen nicht mehr erfüllen. Aus diesem Grund ist die Einführung von bildschirmbasierten Systemen zumeist mit der Einführung von elektronischen Navigationssystemen im Automobil gekoppelt. *Popp & Färber (1997)* führen einen Vergleich unterschiedlicher Gestaltungen von Anzeigen bei Navigationssystemen im Fahrzeug durch. Sie vergleichen die Navigation mittels normaler Straßenkarte mit elektronischen Navigationssystemen. Dabei werden Systeme sowohl mit Darstellung der vorgeschlagenen Route mittels Pfeildarstellung, als auch einer Kartendarstellung auf einem Bildschirm, sowie reiner Sprachausgabe untersucht. Es sind hier klare Vorteile bei der Navigation mittels elektronischem Navigationssystem zu erkennen. Zusätzlich zeichnen sich Vorteile bei einer Anzeige des zu folgenden Straßenverlaufes gegenüber rein sprachlicher Ausgabe ab. *Hermann (1997)* weist Vorteile bei Blickverhaltensparametern von Navigationssystemen nach. Es ergeben sich also auch aus Sicht der Ergonomie Vorteile für die Verwendung von bildschirmbasierten Systemen im Automobil.

Die ersten Navigationssysteme auf GPS-Basis für Personenkraftwagen wurden 1994 auf dem Markt eingeführt. *Jones (1995)* zeigt die Entwicklung der Verkaufsstatistiken dieser Systeme auf und schließt daraus auf künftige Anforderungen. Es ist seit 1995 ein kontinuierliches Wachstum der Verkaufszahlen registriert worden. Nach *Schäfer (2002)* hat sich die Zahl der Navigationssysteme in Deutschland von 1995 bis 2003 von 12000 auf 850000

gesteigert. Das Verhältnis von Nachrüstgeräten stand im Jahr 2001 bei 32 % gegenüber 68 % einer Erstausrüstung ab Werk. Abbildung 2.7 zeigt die entsprechende Entwicklung der Verkaufszahlen, die mit dem Einsatz von bildschirmbasierten Bediensystemen (siehe Kapitel 2.4.1) direkt einhergeht..

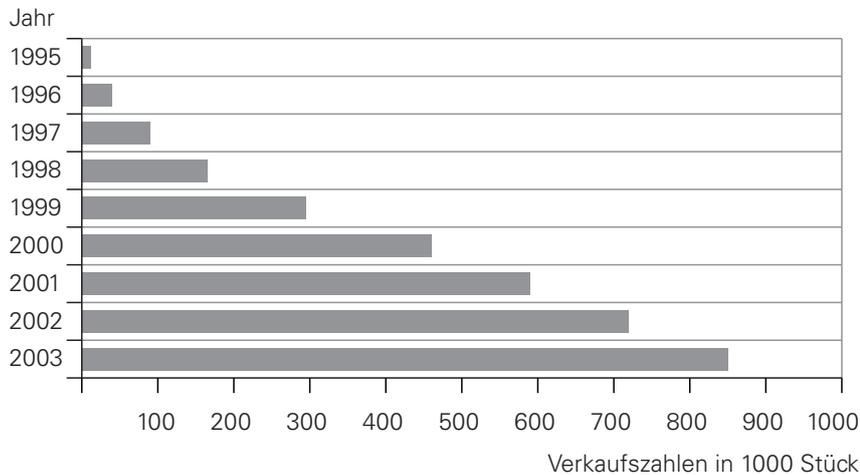


Abbildung 2.7:  
Verkaufszahlen von Navigations-  
systemen in Deutschland  
(Schäfer, 2002)

*Wendelin (2004)* zeigt etwas abweichende Zahlen auf: Sie geht von 560 000 verkauften Systemen (werksseitiger Einbau) im Jahr 2003 aus und schätzt 800 000 Einheiten für das Jahr 2005. *Weernick (1998)* zeigt die entsprechenden Zahlen für den europäischen Markt auf, die eine analoge Entwicklungskurve aufweisen. Bei Navigationssystemen ab Werk ist zu unterscheiden zwischen Systemen mit Kartendarstellung, bei denen die Streckenführung auf einer digitalen Straßenkarte angezeigt wird, sowie Systemen, die mit einer Pfeildarstellung mit zusätzlicher Sprachunterstützung arbeiten. Nach *Wendelin* wird derzeit nur jedes zehnte Gerät mit Karte verkauft, die als Komfortmerkmal einzustufen ist. Bei den Systemen ohne Straßenkarte werden Abbiegehinweise in Form von Pfeildarstellungen dargeboten. Es wird unterschieden zwischen einfacher Pfeildarstellung, bei der aus vorgefertigten Pfeilen, wie z. B. an der Kreuzung nach rechts abbiegen, ein Symbol ausgewählt wird und Systemen, die aus der digitalen Straßenkarte eine vereinfachte Kreuzungsdarstellung generieren und auf dem Bildschirm darstellen. Beide Systeme sind im Vergleich in Abbildung 2.8 dargestellt.



Abbildung 2.8: Kombinierte Darstellung von Karte und generierter Pfeilansicht (links) sowie Einfachpfeildarstellung in einem GPS-Navigationssystem

### 2.4.4.2 Telematik- und Online-Anwendungen

Der Begriff Telematik wird gekennzeichnet durch eine Einbindung von aktuellen Ereignissen, wie z.B. Verkehrsstatus oder anderweitiger aktueller Informationen im Vergleich mit den bereits im Fahrzeug vorliegenden Daten, wie z.B. der fest auf der Navigations-CD-Rom gespeicherten Straßenkarte. So kann die Routenplanung unter Einbezug der aktuellen Ereignisse dynamisch erfolgen. Die derzeit am häufigsten im Zusammenhang mit einem Navigationssystem verwendete Telematik-Anwendung ist diejenige des TMC (Traffic-Message-Channel). Hierbei werden aktuelle Verkehrsmeldungen der Radiostationen mit den Navigationsdaten verglichen und bei Bedarf an den Nutzer mit einer entsprechenden Umleitungsempfehlung über den Bildschirm weitergegeben (*Pochmüller et al., 2003*). Eine weitere Anwendung im Zusammenhang mit der GPS-Position ist die Möglichkeit der Versendung der Fahrzeugkoordinaten bei einem Notruf, der entweder vom Fahrer ausgelöst werden kann, oder mit der Koppelung an die Crashsensoren des Automobils automatisch an eine Notruf-Stelle weitergegeben werden kann.

Modernere Systeme bieten teilweise die Möglichkeit eines Online-Zugangs. Dieser Zugang, der auf Web-Technologien aufbaut, ermöglicht z.B. die Vorprogrammierung von Navigationszielen zu Hause auf dem Personal-Computer. Darüber hinaus können mit Hilfe von Providerdiensten Online-Informationen, z.B. Informationen über den aktuellen Standort, oder der Zielort direkt in das Navigationssystem übernommen werden. Vorteil gegenüber einer Speicherung dieser Daten auf der CD ist die Aktualität der Daten. Zusätzlich besteht durch die Online-Fähigkeit die Möglichkeit, aktuelle Informationen auf Web-Basis, wie Nachrichten oder persönliche Mails oder SMS-Nachrichten zu empfangen. Die Sinnfälligkeit dieser Art Informationen im Straßenverkehr ist in starker Diskussion. Es empfiehlt sich, im Automobil keinen freien Web-Zugang anzubieten, sondern die Daten für den Automobilbetrieb tauglich über einen Provider so aufzubereiten, dass der Informationsgehalt möglichst für den Einsatz im Automobil reduziert dargestellt wird.

### 2.4.4.3 Bordcomputer-Funktionen

Im Bordcomputer werden meistens digitale Anzeigen wie Verbrauch, Reichweite, Ankunftszeit etc. zusammengefasst. Bei der Anzeige des Bordcomputers im Bordmonitor besteht die Möglichkeit einer grafischen Anzeige mit mehreren Funktionen auf einer Seite. Vermehrt werden Bordcomputer-Funktionen mit den Informationen aus der Navigation, beispielsweise die Entfernung zum Zielort, verknüpft. So kann z.B. die Ankunftszeit ohne eine vorherige Eingabe der Distanz errechnet werden. Durch die erweiterte Anzeigemöglichkeit bei der Verwendung eines Bordmonitors besteht die Möglichkeit, den Nutzer individuelle Einstellvorgänge selbständig durchführen zu lassen, die vorher dem Händler vorbehalten waren. Ebenso besteht die Möglichkeit, dem Nutzer Verschleißerscheinungen des Fahrzeuges und fällige Wartungsarbeiten direkt als Meldung oder abrufbare Information konkret darzustellen.

#### **2.4.4.4 Entertainment- und Komfortfunktionen**

Während noch vor wenigen Jahren im Entertainment-Bereich in den meisten Automobilen nur ein einfaches Radio mit einem integrierten Kassettenspieler eingebaut wurde, sind inzwischen immer mehr Fahrzeuge mit einem CD-Wechsler ausgerüstet. Neuere Funktionen des Radiobetriebes, wie eine Senderwahl nach bestimmten Senderrichtungen, also z. B. Nachrichtensender, Sportsender, Musiksender etc., bedingen auch entsprechende Anzeige- und Eingabemöglichkeiten. Durch die größere Bildschirmanzeige bei einem im Fahrzeug integrierten Monitor besteht bei Zweiempfängergeräten die Möglichkeit, eine Senderliste der empfangbaren Radiosender mit vollem Namen darzustellen. Derzeitige Tendenzen gehen in Richtung von Musikbibliotheken, z.B. MP3-Player oder Satellitenradiostationen, bei denen die Musikstücke in einer Datenstruktur ähnlich der eines Personal-Computers angelegt sind. Anwendungen dieser Art sind mit konventionellen Bedienoberflächen nicht mehr zu bewältigen. Die notwendige visuelle Aufbereitung und Darstellung von Komfortfunktionen und fahrzeugrelevanten Informationen kann jedoch mit Hilfe des Monitors erfolgen. Für die Versuche in Kapitel 5 und 6 wurden gezielt einfache Entertainment- und Komfortfunktionen ausgewählt, da diese im Gegensatz zur Navigationsdarstellung auch in einem konventionellen Bediensystem darstellbar sind.

#### **2.4.5 Struktur der Funktionsinhalte**

Es bietet sich bei der Neugestaltung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle mit einem bildschirmbasierten System an, eine komplette Neustrukturierung der Funktionen vorzunehmen. Bei konventionellen Systemen ist die Funktionseinteilung eine eher gewachsene Struktur, die vor allem aus der stetigen Hinzufügung oder Verbesserung einer weiteren Funktion zu bereits bestehenden Lösungen resultiert. In der Regel ist die Gruppierung von konventionellen Bediensystemen auch an technischen Komponenten orientiert. Diese technische Ausrichtung kann durch die Zusammenfassung der Funktionen in der Bildschirmbedienung aufgelöst werden, die sich nach den Bedürfnissen und Nutzergewohnheiten des Anwenders richtet. Die Zusammenfassung von verschiedenen Funktionen zu Funktionsgruppen, die nicht unmittelbar an technische Geräte gebunden sind, ist ein Schritt zur Verbesserung der Übersichtlichkeit des Gesamtsystems. Diese Ablösung von technischen Komponenten kann so auch neue Formen der Schnittstellengestaltung mit sich bringen.

##### **2.4.5.1 Hierarchie der Funktionsinhalte**

Sowohl die Einteilung in konventionelle und bildschirmbasierte Bedienung als auch die Menüstruktur in einem Bildschirmsystem sollte sich an der Hierarchie der Funktionen orientieren. Diese ist am besten nach Verwendungshäufigkeit und Wichtigkeit der Funktionen aufgebaut. Eine pauschale Information über Verwendungshäufigkeiten der einzelnen Funktionen kann in der Praxis jedoch nicht gemacht werden, da eine Bedienungshäufigkeit stark von individuellen Vorlieben des einzelnen Nutzers geprägt ist. Langzeitstudien zu Verwendungshäufigkeiten von bestimmten Funktionen im Automobil fehlen bisher, da eine repräsentative, statistische Verteilung der gesamten Fahrzeugnutzer kaum erfasst werden kann. Die Möglichkeit der Aufzeichnung von Benutzungshäufigkeiten über das Bus-Protokoll wird zwar bei den Automobilherstellern in Versuchsträgern genutzt, kann aber wegen des hohen Aufwands nicht in Serienfahrzeugen eingesetzt werden. Zudem würde man auf

diese Weise keine reale Statistik der Verwendungshäufigkeit der einzelnen Funktionen sondern nur Klumpenstichproben erhalten. Vielmehr muss hier auf das Expertenurteil bezüglich der Häufigkeit und Wichtigkeit der Verwendung der einzelnen Funktionen verwiesen werden. *Bubb (1986)* sowie *Elsholz & Bortfeld (1987)* teilen konventionelle Funktionen entsprechend der Priorität in Gruppen ein. Ausgehend von der Einteilung in Primär-, Sekundär- und Tertiärfunktionen lässt sich so auch eine geometrische Platzierung der Gruppen vornehmen. So müssen die Primär- und Sekundärfunktionen so angeordnet werden, dass ein Zugriff in jeder Lenksituation erfolgen kann. Zusammen mit der Betrachtung nach Fahrer- und Beifahrerfunktionen (Kapitel 2.3.4) wäre somit eine räumliche Verteilung der Funktionen nicht aus technischer Sicht sondern aus Anwendersicht gegeben.

### 2.4.5.2 Einteilung in konventionelle Betätigung und menübasierte Schnittstelle

Ein wichtiger Schritt bei der Konzeption eines Fahrerinformationssystems ist die Aufteilung der Funktionen in Funktionen, die über konventionelle Bedienelemente gesteuert werden und Funktionen, die über das Bildschirmsystem gesteuert werden. Dabei gibt es Funktionen, die aus gesetzlichen Gründen nicht in einem Monitorsystem betätigt werden können. Ein Beispiel hierzu ist die »Defrost«-Funktion, deren permanente Anzeige zulassungsrelevant ist. Für die Auslegung als konventionelle Funktionen eignen sich Funktionen, die dynamisch, also zu jedem beliebigen Zeitpunkt aktiviert werden müssen. Ein Beispiel für Radiofunktionen wäre hier die »Laut/Leise«-Funktion, ein Beispiel für Heizungssteuerungen die »Wärmer/Kälter«-Funktion. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die Eigenschaften des bildschirmgesteuerten Systems gegenüber konventioneller Bedienung und umgekehrt.

Tabelle 2.1: Gegenüberstellung der Eigenschaften von bildschirmbasierter und konventioneller Betätigung

<b>Bildschirmbasierte Betätigung</b>	<b>Konventionelle Betätigung</b>
Zugriff nur bei Bedarf	Direkter Zugriff
Strukturierung über Menü möglich	Strukturierung über geometrische Gestaltung möglich
Funktionsvielfalt	Freiheit Bedienelementgestaltung
Grafische Gestaltungsmöglichkeit	Geometrische Gestaltungsmöglichkeit
Für weniger wichtige Funktionen	Für häufig benutzte Funktionen
Benutzerführung möglich	Keine Benutzerführung möglich
Textdarstellung möglich	Meist ist nur eine Symbolikdarstellung möglich
Farbdarstellung möglich	Differenzierung über Oberflächengestaltung (Material, Oberfläche)
Möglichkeit, unwichtige Funktionen temporär auszublenden	Sämtliche Funktionen befinden sich immer am selben Ort

Ein Beispiel für die Umsetzung der differenzierten Einteilung der Komfortfunktionen am praktischen Beispiel stellt die Tabelle 2.2 dar, in der Audiofunktionen in die drei Bereiche »konventionelle Schalter«, »obere Menüebene« und »Einstellmenü« im BMW 5er (Baujahr 2004) aufgeteilt sind.

Tabelle 2.2: Aufteilung von Funktionen am Beispiel BMW 5er (Baujahr 2004)

Funktion	Priorität	Zuordnung	Ort
Audioquelle an/aus	1	Taster	Konventionell
Audio Laut/Leise	1	Drehregler	
Senderwechsel	1	Wipptaster	
CD auswerfen	1	Taster	
Anwahl Station	2	Menüebene 1	Bildschirm
Direktanwahl CD-Titel	2	Menüebene 1	
Quellenumschaltung	2	Menüebene 1	
Auswahl FM-Modus	2	Menüebene 1	
Anwahl CD-Nummer	2	Menüebene 1	
Manuelle Sendereingabe	2	Menüebene 1	
Wahl Frequenzband (AM/FM)	2	Menüebene 1	Bildschirm
Station speichern	3	Menüebene 2 (Einstellungen)	
Klangeinstellungen	3	Menüebene 2 (Einstellungen)	

## 2.4.6 Die Mensch-Maschine-Schnittstelle von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil

### 2.4.6.1 Eingabe

Um eine möglichst geringe Blickablenkung und keine zusätzliche Belastung des visuellen Kanals für den Fahrer zu erhalten, muss im Automobil ein besonderer Wert auf die Haptik der Eingabeelemente gelegt werden. Nach *Bengler et al. (2002)* lässt sich durch eine verbesserte haptische Rückmeldung ein Teil der notwendigen Kontrollblicke zum zentralen Anzeigesystem vermeiden. Im Vergleich zum akustischen und optischen Kanal weist der haptische eine deutlich kürzere Reaktionszeit auf. *Klatzky & Ledermann (1993)* untersuchen, welche Objekteigenschaften sich bei ausschließlich haptischem Kontakt, wie im Automobil wünschenswert, als besonders prägnant erweisen. Sie weisen nach, dass auch bei visuellem Kontakt eine Objekterkennung in Kombination mit haptischer Kodierung schneller und effizienter verläuft. Darüberhinaus untersuchen *Klatzky & Ledermann*, ob Menschen bei haptischer Objekterkennung bestimmte Strategien einsetzen, und wenn ja, welche. Sie erhalten sieben Vorgehensweisen: Bewegung über das Objekt, Druck, Statischen Kontakt, nicht unterstütztes Halten, Umfassung, Folgen der Objektkontur und Bewegung von Teilen des Objektes. *Vogel (1998)* untersucht am Beispiel des Dreh-Drück-Stellers unterschiedliche Gestaltungsparameter bei einem zentralen Eingabeelement und deren Einfluss auf die Bedienbarkeit während der Fahrt. Mit Ausnahme der Schrittweite können bei *Vogel* sowohl bei Größe als auch Rasthärte des zentralen Drehstellers keine signifikanten Einflüsse auf die objektiv erfassbare Fahrleistung, die Fehlerzahl sowie die Bearbeitungszeit nachgewiesen werden. Vielmehr stellt sich eine subjektive Präferenz der Versuchspersonen für bestimmte Gestaltungsmerkmale dar. Dies lässt den Schluss zu, dass die Bewertung der Gestaltung von Eingabeelementen stark subjektiv geprägt ist.

Als Eingabeelemente für bildschirmbasierte Bedienoberflächen im Automobil stehen Softkeys, Touchscreens sowie zentrale Bedienelemente zur Verfügung. Darüber hinaus stellt die Eingabe über Sprachbefehle eine immer wichtigere Möglichkeit für die Steuerung von Fahrerinformationssystemen dar.

### Softkeys

Bei einer Softkeysteuerung sind unmittelbar neben dem Bildschirm Tasten angeordnet, die abhängig vom jeweils dargestellten Menü mit unterschiedlichen Funktionen belegt werden. Nachteil der Softkeysteuerung ist, dass die Tasten abhängig vom jeweiligen Menü unterschiedlich beschriftet werden, es muss also auf jeden Fall ein Ablesevorgang stattfinden. Zudem ist die Positionierung des Displays von der Erreichbarkeit der Tasten vorgegeben, wodurch meistens keine optimale Platzierung des Displays möglichst nah am Verkehrsgeschehen und mit einer optimierten Adaptationsentfernung möglich ist.

### Touchscreen

Bei einem Touchscreen wird die Bildschirmoberfläche über einen berührungssensitiven Monitor selbst zum Eingabeelement. Bei der Verwendung eines Touchscreens ist kein Cursor notwendig, da der Finger selbst sozusagen zum Zeigerinstrument wird. Der Nachteil von Touchscreens liegt ähnlich den Softkeys aufgrund des beschränkten Bedienbereichs im Automobil in der geometrisch eingeschränkten Positioniermöglichkeit. Zudem fehlt einer Touchscreenbedienung die haptische Rückmeldung. Jede Betätigung hat mit einem Blickkontakt zu erfolgen. Auch bei geeigneter Gestaltung ist eine Blickzuwendung beim Positionieren des Fingers auf der Benutzeroberfläche erforderlich, die teilweise zusätzlich durch die Hand verdeckt sein kann (*Zühlke, 2004*).

### Zentrale Bedienung

Bei der Verwendung einer zentralen Bedienung werden die Eingabeelemente für den Bildschirm an einem zentralen Ort zusammengefasst. Der zentrale Eingabeort kann dabei von der Lage des Bildschirms differieren. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, den Bildschirm an einen blickgünstigen und die Eingabeelemente an einen greifgünstigen Ort zu platzieren. Für die zentrale Bedienung können ein oder mehrere Bedienelemente eingesetzt werden. Die zentrale Bedienung kann mit einer Fernbedienung eines Stereogerätes oder der Maus am Personal Computer verglichen werden. Bei eindimensionalen Eingabeelementen dient eine Bewegungsrichtung des Bedienelements dazu, nacheinander unterschiedliche Menüpunkte anzuwählen. Ein Beispiel für ein eindimensionales Bedienelement stellt eine Wippe mit einer eigenen Bestätigungstaste dar. Die am häufigsten eingesetzte Form des eindimensionalen Bedienelements für die Bedienung von Fahrerinformationssystemen stellt der sog. Dreh-Drück-Steller dar, der wie ein normaler Drehknopf funktioniert und pro Raststufe jeweils einen Menüpunkt anwählt. Die Auswahl des jeweiligen Menüpunktes erfolgt durch Drücken des Dreh-Drück-Stellers, es muss also kein Umgreifen bei Anwahl und Auswahl eines Menüpunktes erfolgen. Zudem besteht durch die spürbaren Raststufen die Möglichkeit, eine bestimmte Anzahl von Menüpunkten ohne notwendigen Blickkontakt nacheinander abzurufen. Der Dreh-Drück-Steller wird mittlerweile in vielen Fahrerinformationssystemen, die nicht über eine Touch-Screen-Betätigung verfügen, verwendet. Eine besondere Form der Bedienteilhaptik bei Dreh-Drück-Stellern ist die variable Rastung, bei

der der Drehsteller keine festen Raststufen aufweist, sondern mittels eines Elektromotors unterschiedliche Rastweiten, Rasthärten und Kraft-Weg-Kennlinien einstellbar sind (*Zeller et al., 2001*). So ist es beispielsweise möglich, eine Mittelstellung in einer analogen Werteeinstellung haptisch zu differenzieren oder das Bedienelement am Endanschlag zu sperren. Mehrdimensionale Bedienelemente können in verschiedene Richtungen bewegt werden. Ein Beispiel für ein mehrdimensionales Bedienelement ist der Joystick. Mehrdimensionale Eingabeelemente können zusätzlich in absolut positionierende und relativ positionierende Elemente aufgegliedert werden. Vorteil einer indirekten Positionierung ist die Möglichkeit, den Cursor auf einen beliebigen Menüpunkt vorpositionieren zu können. Dadurch können logische Menüfolgerungen leichter durchgeführt werden und es wird somit eine Nutzerführung ermöglicht.

### Spracheingabe

Einen wichtigen Schwerpunkt für die zukünftige Schnittstellengestaltung stellen Spracherkennungssysteme dar. Die Problematik derartiger Systeme ist allerdings beim derzeitigen Stand der Technik eine begrenzte Worterkennungsrates und ein erforderliches Sprachvokabular, das seitens des Anwenders erlernt werden muss. Im Automobil werden Spracheingabesysteme derzeit nur als Sonderausstattung, vor allem im höherpositionierten Sektor angeboten. In der Regel beschränkt sich die Spracheingabe mit wenigen Ausnahmen momentan vor allem auf die Bedienung des Telefonsystems. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Erkennersystemen, die sprecherabhängig sind, und sprecherunabhängigen Systemen. Die Erkennerrate der Spracheingabesysteme ergibt sich aus einem Verhältnis von Anzahl der zu erkennenden Begriffe und Toleranzen der Verständlichkeit bzw. Nutzerunabhängigkeit. Die Entwicklung von Sprachdialogen geht von der Erkennung von einzelnen Wörtern immer mehr in die Richtung der natürlichsprachigen Kommunikation. So werden z. B. immer mehr Synonyme für einen Befehl in den Befehlssatz integriert. Durch sog. Wordspotting wird versucht, Schlüsselwörter zur Kommandoeingabe aus einem vom Benutzer gesprochenen Satz zu extrahieren. Da bei Spracheingabesystemen grundsätzlich das Risiko einer Fehlinterpretation des Sprachbefehls vorliegt, ist es wichtig, dem Nutzer ein entsprechendes Feedback über den erkannten Befehl zu geben. Hierzu eignen sich sowohl optische als auch akustische Anzeigesysteme. Um einen Sprachbefehl bewusst zu starten, werden in der Regel sog. »Push-to-Talk«-Tasten verwendet. Hierbei dient ein Tastendruck dazu, um ein Erkennungsfenster bewusst zu öffnen und gegebenenfalls wieder zu schließen. Die aktive Erkennung sollte ebenfalls, z. B. durch eine entsprechende optische Anzeige oder ein kurzes akustisches Feedback, wie ein kurzes Knacken angezeigt werden.

Für eine Anwendung im Automobil wird Spracherkennung auch künftig nur ein zusätzliches und zu konventionellen Eingabesystemen redundantes Mittel zur Kommunikation mit dem Fahrzeug sein, da unabhängig von Umgebungsbedingungen (z. B. starker Verkehrslärm, Unterhaltung der anderen Passagiere) oder konstitutionellen Faktoren des Benutzers (z. B. Heiserkeit) eine Möglichkeit der Eingabe von Befehlen an die Fahrzeugschnittstelle gewährleistet sein muss (*Gevert & Künzner, 2003*). In Zukunft gilt es vor allem, die Möglichkeiten der Sprachein- und -ausgabe mit den übrigen Modalitäten zu vernetzen, sowie die Erkennerraten noch zuverlässiger und allgemeingültiger zu entwickeln.

## Multimodale Systeme

In Forschungsprojekten (z. B. MOTIV) wird versucht, die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle der Kommunikation von Mensch zu Mensch anzunähern. Dabei sollen die Eingabe- und Ausgabekanäle sich nicht alleine auf eine Modalität beschränken, wie dies derzeit bei den meisten Mensch-Maschine-Schnittstellen der Fall ist. Multimodale Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass zur Informationsübertragung mehrere Kommunikationskanäle unabhängig voneinander kombiniert werden können. *Neuss (2001)* bezeichnet die Interaktion von Mensch und Maschine unter Verwendung mehrerer Kommunikationskanäle als Multimodalität. Bezüglich der Ausprägung von multimodalen Systemen unterscheidet *Neuss* seriell redundante, seriell exklusive, parallel verifizierende und parallel ergänzende Systeme. Bei einem seriell redundanten System kann der Nutzer zu jedem beliebigen Zeitpunkt zwischen den Ein- und Ausgabemodalitäten wechseln. Bei einem seriell exklusiven System bestehen mehrere Möglichkeiten der Eingabe, bestimmte Aktionen müssen jedoch mit bestimmten Modalitäten durch- bzw. zu Ende geführt werden. Ein Beispiel für seriell exklusive Systeme sind z. B. Eingabemodalitäten der Telefonnummer in Fahrerinformationssysteme, wie sie derzeit auf dem Markt befindlich sind. Die Telefonnummer kann hier entweder mit Sprache oder Tastatur eingegeben werden. Ist der Betätigungsvorgang mit einer der beiden Modalitäten begonnen worden, muss er auch mit derselben zu Ende geführt werden, d. h. es kann nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt zwischen Sprache und Tastatur gewechselt werden. Parallel verifizierende Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass die Eingabe einer Modalität durch eine andere bestätigt werden muss. Bei parallel ergänzenden Systemen ergeben die mit unterschiedlichen Modalitäten eingegebenen Inhalte den gesamten Bedienvorgang. *Neuss* beschreibt im weiteren die Eignung und Einsatzmöglichkeiten von multimodalen Systemen für den Einsatz in Fahrerinformationssystemen. Er untersucht Parameter wie Modalitätswechsel und die Stärken und Schwächen von unterschiedlichen Modalitäten im Einsatz bei Fahrerinformationssystemen anhand von Versuchen im Simulator. Beim Einsatz unterschiedlicher Modalitäten wird hier vor allem der Ein- und Ausgabe mittels Sprache als Schwerpunkt für die Eignung auch im Fahrzeugbereich besondere Bedeutung zuteil. (z. B. *Niedermaier & Lang, 2001*).

### 2.4.6.2 Ausgabe

Die Gestaltungselemente für bildschirmbasierte Systeme im Fahrzeug sind Text, grafische Elemente und Symbole. *Helander (1987)* gibt an, wie viele Stufen der Codierungsform der Mensch registrieren kann. Diese sind in Tabelle 2.3 dargestellt und können auf die Gestaltung von bildschirmbasierten Systemen im Automobil übertragen werden.

Tabelle 2.3: Codierungsformen bei optischen Anzeigen (Helander, 1987)

Codierungsform	Anzahl der Stufen	Unterscheidbarkeit
Symbol	beliebig	Ausgezeichnet
bildliche Form	10	Gut
Position	9	Gut
Winkel	8	Gut
Farbton	6	Gut
Länge	6	Gut
geometrische Form	5	Gut

Codierungsform	Anzahl der Stufen	Unterscheidbarkeit
Fläche	3	Gering
Schriftgröße	3	Gering
Linienart	3	Gering
Schraffur	3	Gering
Schriftformen	3	Gering
Blinkfrequenz	3	Gering
Helligkeit	3	Gering

In der Regel werden für die Darstellung in Fahrerinformationssystemen kombinierte Darstellungen zwischen Text, Grafik und Symbolik verwendet. Für die Textgestaltung sind nach *Bernotat (1993)* Forschungsergebnisse über allgemeine Zifferngestaltung auch auf Digitalanzeigen anwendbar. In Deutschland wird zur Bestimmung von Schriftgrößen in Anzeigen vor allem DIN 1451 verwendet, nach der sich die zu verwendende Schriftgröße einer Anzeige errechnet aus der Ableseentfernung und einem Faktor F für die jeweils ausgewählte Schriftart. *Herzceg (1994)* gibt Kriterien für die Lesbarkeit von Text bezüglich Schrifthöhe und -breite, Buchstabenabstand, Wortabstand, Anzahl der Zeichen pro Zeile, Zeilenabstände und Textparagrafen in Software-Systemen an. *Geiser (1990)* stellt die Eigenschaften von Piktogrammen genauer dar: »*Ein Symbol ist neben der Sprachunabhängigkeit ... durch hohe Informationsdichte und hohe Anschaulichkeit gekennzeichnet. Gleichzeitig ist jedoch auch unter Umständen ein Lernaufwand notwendig.*« Nach *Geiser (1990)* bestehen drei Möglichkeiten zur Konstruktion von Bildzeichen: Die Abbildung eines Objektes durch ein mehr oder weniger von Einzelheiten befreites Bild, die Abstraktion eines Sachverhaltes durch eine Analogie oder ein charakteristisches Beispiel oder die Generierung eines neuen Zeichens ohne eigentlichen Bezug. Grafische Elemente und Animationen können dem Nutzer die Erfassbarkeit von Objekten erleichtern. Ebenso kann durch das Thema bewusster Farbgestaltung die Wahrnehmung verbessert werden. *Bauer & Mc Fadden (1997)* können eine Erhöhung der Ablesegeschwindigkeit bei der Verwendung von Farbe nachweisen. Ebenso weisen *Eissing (1992)* und *Salomon (1990)* eine Leistungssteigerung bei der Verwendung von Farbe auf. Es ist also auch aus Sicht der Ergonomie ein farbiges Display einem monochromen zu bevorzugen. *Herzceg (1994)* gibt dazu Empfehlungen für den wirksamen Einsatz von Farben bei Bildschirmhalten, die auch auf zentrale Anzeigesysteme in Fahrzeugen übertragen werden können:

- Visualisierung von Zuständen und Zustandsänderungen
- Unterscheidbarkeit von Zuständen
- Lenkung der Aufmerksamkeit auf wichtige Bildschirmhalte
- Markierung selektierter Bildschirmobjekte
- Herstellung von Informationsbeziehungen
- Trennung von Informationskategorien
- Aufgliederung gleichartiger Informationen
- Suchen, Finden und Abzählen von Informationen

Da die technische Ausführung eine enorme Auswirkung auf die Darstellungsmöglichkeiten im Display hat, soll kurz ein Überblick über die im Automobil für zentrale Anzeige- und Bediensysteme eingesetzten Displayarten und -möglichkeiten gegeben werden: Bei einem Festsymbolikdisplay können Segmente einzeln angesteuert und ein- bzw. ausgeblendet

werden. Ein Beispiel für die Anwendungen im Automobilbereich ist ein Display für die Anzeige der Ventilatorstellung in der Klimaregelung, bei dem entsprechende Segmente getrennt angesteuert werden können. Das Festsymbolikdisplay eignet sich, wenn nur wenige unterschiedliche Funktionszustände und kein Text dargestellt werden müssen. Einen ähnlichen Aufbau zur Textdarstellung stellt die Segmentanzeige dar. Hier werden die Zahlen über sieben oder mehr Segmente dargestellt und die einzelnen Ziffern dadurch erzeugt, dass einzelne Segmente ein- oder ausgeblendet werden. Ein Beispiel für eine automobiler Anwendung sind Displays für einfache Radioanwendungen. In einem Display mit einer Dot-Matrix ist sowohl freie Text- als auch Bildanzeige möglich. Die charakteristischen Merkmale sind hier die Displayauflösung, Farbtiefe und die Displaytechnik (Aktiv- oder Passiv-Technologie). Bei aktiven Displays wird das emittierte Licht selbst erzeugt, während bei Passiv-Displays eintreffendes Licht, entweder aus dem Umgebungslicht bzw. über eine Beleuchtung, reflektiert wird (*Isele, 2000*). Monochrome Displays werden in Positiv-Displays, d. h. der Hintergrund wird ausgeleuchtet, sowie Negativdisplays, bei denen der Hintergrund dunkel und der Vordergrund aktiv dargestellt wird, eingeteilt. Bei Farbdisplays wird unterschieden zwischen LCD- und TFT-Display. Wegen der starken Lichtverhältnisse in der Umgebung setzen sich im Automobilbau immer mehr Passivdisplays durch. Eine grundlegende technische Beschreibung und Einteilung von verschiedenen Displayarten befindet sich in *Knoll (1986)* und *Keck (1987)*. Während für derzeitige Anwendungen in Fahrerinformationssystemen nur konventionelle Displays eingesetzt werden, ist für zukünftige Anwendungen auch eine Darstellung über Head-Up-Displays oder Flächenprojektionssysteme denkbar.

#### Head-Up-Displays

Eine Möglichkeit der Anzeigetechnologie im Fahrzeug stellt das Head-Up-Display (HUD) dar. Der Vorteil dieser Systeme besteht in der geringen Ablenkung vom Straßenverlauf durch eine Projektion in die Windschutzscheibe. Bisher konnten jedoch sinnvolle Effekte bei der Darstellung gegenüber eines herkömmlichen Anzeigekonzeptes aus ergonomischen Gründen nur für bestimmte Anwendungen nachgewiesen werden. *Bubb (1975)* und *Assmann (1985)* sehen die Vorteile hauptsächlich für Anwendungen, die eine direkte Anbindung an die Außenwelt haben, wie eine Darstellung des Bremsweges. *Bubb (1975)* analysiert den Fahrvorgang unter ergonomischen Gesichtspunkten und untersucht dabei unterschiedliche Anzeigen des Bremsweges im Kraftfahrzeug. Unter anderem vergleicht er die Darstellung mittels Head-Up-Displays mit konventionellen Anzeigekonzepten wie Analog- und Digitalinstrumente. *Assmann (1985)* untersucht mit Hilfe von Fahrversuchen den Einfluss einer Bremsweganzeige in einem Head-Up-Display auf das Fahrerverhalten im PKW. *Gengenbach (1996)* analysiert die Gewöhnung des Fahrers an Fahrzeuge mit Head-Up-Display mit unterschiedlichen Darstellungsinhalten, unter anderem der Fahrzeuggeschwindigkeit, mit dem Einsatz der Blickbeobachtungsmethode. Obwohl der Einsatz von Head-Up-Displays technologisch bereits seit Anfang der achtziger Jahre möglich ist, konnten sich die Systeme bis heute von wenigen Ausnahmen abgesehen noch nicht flächendeckend durchsetzen. Erst in jüngerer Zeit konnten, vor allem durch verbesserte technische Lösungsmöglichkeiten, Head-Up-Displays auch in den Markt von höherwertigen Limousinen Einzug finden. Der Schwerpunkt für künftige Anwendungen dürfte sich vor allem im Einsatz mit Inhalten, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Außenwelt stehen, bieten. Beispiele hierzu wären die Hinweise aus dem Navigationssystem, Informationen im Zusammenhang mit

dem abstandsgeregelten Tempomat oder Anwendungen im Zusammenhang mit bestimmten Telematikfunktionen, wie z.B. eine automatische Erkennung von Geschwindigkeitsbeschränkungen. Abbildung 2.9 zeigt beispielhaft die Inhalte eines Head-Up-Displays als Sonderausstattung.



Abbildung 2.9:  
Head-Up-Display im Serieneinsatz mit den Inhalten Navigation, Geschwindigkeit und ACC-Anzeige

### Flächen-Projektionssysteme

Weitere künftige Entwicklungen in der Darstellung von Anzeigehalten können in die Richtung des verstärkten Einsatzes von Displaytechnologie über größere Flächen oder die gesamte Instrumententafel gehen. Vorteil dieses Systems ist eine freie Konfigurierbarkeit des Bedien- und Anzeigekonzeptes, eine großflächige Darstellung sowie die Möglichkeit der nutzungsgerechten Darstellung unabhängiger Informationen für Fahrer und Beifahrer. Beispiele für eine großflächige Anzeige sind vor allem in Fahrzeugstudien zu finden. Ein Einsatz für den Serienbetrieb scheitert derzeit noch am Mangel von serientauglichen Projektionssystemen, die auf einem begrenzten Bauraum eine für den Fahrbetrieb, also auch unter schwierigen Lichtverhältnissen, ausreichende Darstellungsqualität liefern. Abbildung 2.10 zeigt ein Beispiel in einer Fahrzeugstudie für ein großflächiges Projektionssystem.



Abbildung 2.10:  
Flächenprojektionssystem im Fahrzeuginterieur

### Sprachausgabe

Die Qualität von Sprachausgabesystemen entspricht beim derzeitigen Stand der Technik nur bei vorher von einem Sprecher aufgenommenen Text einem für den automobilen Einsatz zufriedenstellendem Niveau. Sog. Text-to-Speech Systemen, also Systeme, die einen freien Text per Sprachausgabe generieren, befinden sich für den automobilen Einsatz nur im Entwicklungsstadium. Es besteht deshalb derzeit noch keine Möglichkeit, freie Texte, wie z.B. eine SMS, im Automobil ansagen zu lassen, weshalb der Schwerpunkt der Entwicklung immer noch auf der visuellen Ausgabe über konventionelle Displays liegt.

## 2.5 Ergonomie im Entwicklungsprozess von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil

Der Gestaltungsprozess der Mensch-Maschine-Schnittstelle unterliegt in den letzten Jahren durch den Einsatz von neuen Entwicklungsmethoden und der Verkürzung des Entwicklungsprozesses im Automobilbau deutlicher Veränderung. Es stellt sich die Frage, wie unter den neuen Randbedingungen frühzeitig Nutzeranforderungen und ergonomische Belange in den Prozess einfließen können, um eine qualitativ hochwertige Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu erhalten. *Bubb & Schmidtke(1993)* stellen für die jeweiligen Produktphasen die Aufgaben der Systemgestaltung für die Mensch-Maschine-Schnittstelle dar. Die erforderlichen Aktivitäten in den einzelnen Systembearbeitungsschritten sind in Abbildung 2.11 dargestellt (*Döring, 1982*).

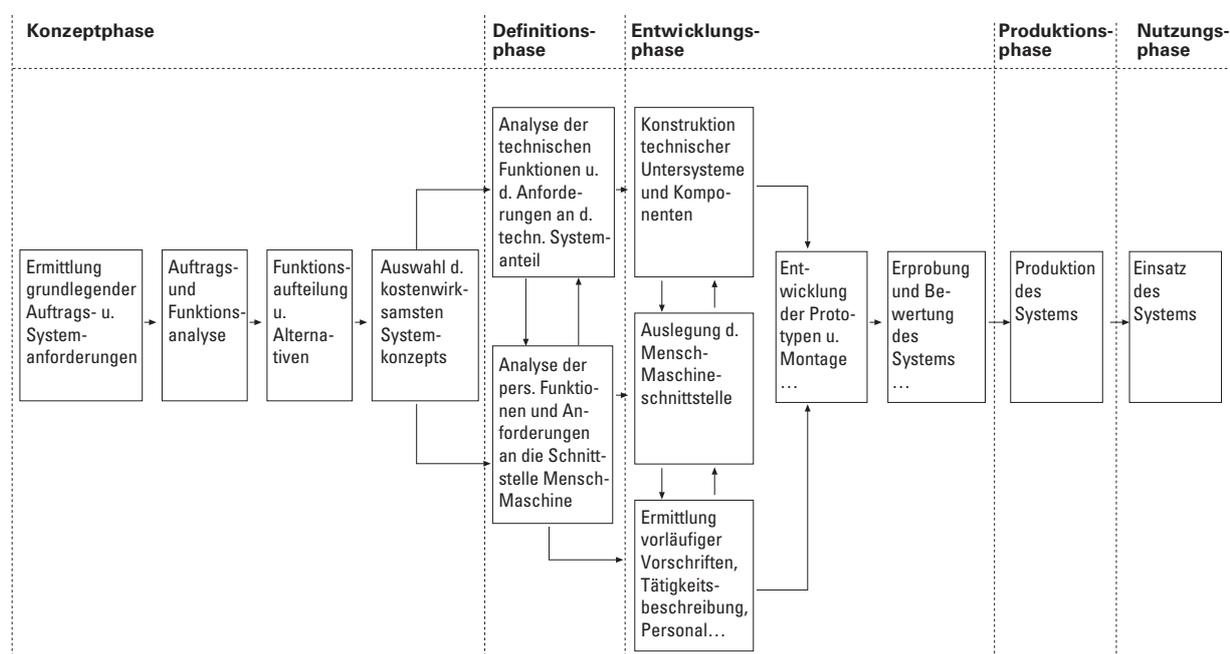


Abbildung 2.11: Aktivitäten in den Phasen des Produktlebenszyklusses (Döring, 1982)

Diese Aufgaben gelten mit Ausnahme der Erprobung des Systems auch für die geänderten Rahmenbedingungen im automobilen Entwicklungsprozess. Durch die aktuellen Entwicklungen ist es notwendig, die Erprobung des Systems nach vorne zu ziehen. Hier stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten es dazu im Entwicklungsprozess der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil gibt, die unter den geänderten Rahmenbedingungen des Entwicklungsprozesses funktionieren.

### 2.5.1 Der verkürzte Entwicklungsprozess in der Fahrzeugindustrie

Um schneller auf neue Marktanforderungen, einen komplexeren Funktionsinhalt und die Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung reagieren zu können, ist es notwendig, sowohl den Entwicklungszyklus als auch den Produktlebenszyklus im Automobilbau zu verkürzen. Es gilt, eine erhöhte Variantenvielfalt in Griff zu bekommen, die sich durch das zunehmende Bedürfnis nach Individualisierung im Fahrzeugbereich ergibt. Bei Beibehaltung des herkömmlichen Entwicklungsprozesses könnte eine Variantenvielfalt, wie sie

heute auf dem Automobilmarkt besteht, nur noch unter enormem personellem und finanziellem Aufwand und somit nicht zu einem für den Käufer erschwinglichen Preis bewältigt werden. Ein verkürzter Entwicklungsprozess ist vor allem durch die sehr kurzen Entwicklungszeiten im Elektronikbereich notwendig. Nach *Schulzki-Haddouti (2004)* werden 90 % aller Innovationen im Automobilbau nur mit Elektronik und Software umgesetzt. Der Gesamtumfang von Software im Automobil beträgt ca. 200 MByte und verdoppelt sich alle zwei bis drei Jahre. Die Marktlebensdauer von schneller entwickelten Produkten sank von 1980 bis 1990 im Computerbereich um 46 % und im Kraftfahrzeugbau um 12,5 % (*Ehrlenspiel, 1995*). Während beispielsweise ein Mobiltelefon einen Entwicklungszeitraum von maximal zwölf Monaten benötigt und nach höchstens zwei Jahren durch ein Nachfolgemodell ersetzt wird, beträgt der Entwicklungszeitraum in der Automobilindustrie abhängig von Modell und Modellumfang ungefähr 30 Monate. Das Fahrzeug hat einen durchschnittlichen Marktzyklus von ca. sieben Jahren. Nach dieser Zeit befindet sich das Fahrzeug meist noch als Gebrauchtwagen auf der Straße. Das Entwicklungsteam muss also mit einer Marktpräsenz des Produktes von mehr als zehn Jahren rechnen. Um so wichtiger ist es, sich im Entwicklungsprozess noch Möglichkeiten offen zu lassen, um kurzfristige Änderungen in der Produktentwicklung, vor allem im Elektronikbereich, noch in ein neues Fahrzeugkonzept mit einbeziehen zu können. Es stehen Anforderungen des Designs, das eine möglichst große Flexibilität fordert, um relevante Trends berücksichtigen zu können, den Fachbereichen der Elektronikentwicklung gegenüber. Hier müssen bereits in einer sehr frühen Phase potentielle Zulieferer in den Entwicklungsprozess einbezogen werden, um rechtzeitig zu den entsprechenden Gateways des Fahrzeugentstehungsprozesses entsprechende Muster vorweisen und Funktionsüberprüfungen durchführen zu können.

### **2.5.2 Der Einsatz von CAx-Methoden im Entwicklungsprozess**

Durch die zahlreichen Vorteile wie leichte Änderbarkeit, Durchgängigkeit und schnelle Verfügbarkeit von Konstruktionsdaten sowie die leichte Datenweitergabe und -verarbeitung in Produktionsanlagen haben sich computergestützte Entwicklungsverfahren in der Automobilentwicklung mittlerweile etabliert. Zudem können die Belange verschiedenster Fachabteilungen durch den Einsatz von bereichsübergreifenden CAx-Daten (Computer Aided Styling/Design/Manufacturing/etc.) gehandelt werden. Im Bereich des Designs werden CAx-Methoden vor allem verwendet, um möglichst schnell zu dreidimensionalen Modellen zu kommen bzw. schnell und einfach Varianten von Modellen zu erzeugen. Hierbei wird zunächst mittels eines CAS-Programmes (z. B. »Alias Wavefront«) ein Modell des Fahrzeugs erstellt, dessen Daten mit Konstruktionsdaten gekoppelt werden können und schließlich mit CAM-Methoden dreidimensional z. B. in Hartschaum gefräst werden kann. Dadurch kann in einer sehr frühen Phase bereits ein dreidimensionales Modell zur Bewertung dargestellt werden. Im Bereich der Elektronikentwicklung setzen sich Rapid-Prototyping-Tools immer mehr durch, um bereits in einem sehr frühen Stadium, in dem noch kein Funktionsmuster zur Verfügung steht, das Verhalten von Bedienoberflächen und elektronischen Komponenten überprüfen zu können. Nur so kann eine Konzeptsicherheit vor der Erstellung eines Lastenheftes nachgewiesen werden. Zudem ist es möglich, verschiedene Konzepte auszuarbeiten und miteinander zu vergleichen. Eine Mustererstellung in Hardware ist hierzu meistens zu langwierig und kostenintensiv.

Durch die zunehmende Integration der Funktionsbereiche in Fahrerinformationssysteme stellte sich zunächst das Problem einer fahrzeugübergreifenden Bedienlogik, die nicht mehr alleine von einem Fachbereich getätigt werden kann. Hierzu gilt es, eine Bedienphilosophie zu entwickeln, die aus einheitlichen Bedienprinzipien für die verschiedenen Fahrzeugkomponenten wie z.B. Audiosystem, Navigationssystem, Klimaregelung und Sitzverstellung besteht. Deshalb werden immer mehr Abstimmungen der Bereiche untereinander nötig, wodurch sich der Entstehungsprozess bei konventioneller Vorgehensweise immer mehr verlängern würde.

### **2.5.3 Der Einbezug von Nutzeranforderungen in den verkürzten Entwicklungsprozess**

Die Ergonomie der Mensch-Maschine-Schnittstelle sollte, wie die Gesamtfahrzeugergonomie, bereits im Entstehungsprozess mitwirken und nicht als korrigierende Fachstelle zu einem späten Zeitpunkt eingreifen (*Bubb & Bubb, 1996*), da sich zu einem späteren Zeitpunkt der Entwicklung Konzepte nur durch extrem hohen Kosten- und Investitionsaufwand ändern lassen. *Bullock (1990)* fordert neben anderem die Einbeziehung des Nutzers in den Designprozess. Dies ist nur möglich, wenn bereits in der Konzeptphase Tests mit unterschiedlichen Nutzern durchgeführt werden können. Durch die frühzeitige Erprobung können so mehrere Schleifen der Nutzerrückmeldung gezogen werden, was die Produktqualität in Bezug auf Bedienerfreundlichkeit deutlich erhöht. Bei herkömmlicher Vorgehensweise würden derartige Schleifen eine enorme Verzögerung des Entwicklungsprozesses nach der Fertigstellung von Modellen bedeuten.

### **2.5.4 Prozessbegleitende Methoden und Werkzeuge zur Evaluation der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil**

Mit dem Einzug von CAS-Systemen in den Automobilentwicklungsprozess stellt sich die Forderung nach einer virtuellen Erprobung von MMI-Konzepten in der frühen Phase des Entwicklungsprozesses, um bereits vor dem Vorliegen eines funktionsfähigen Musters am Nutzer Studien durchführen zu können. Als Methoden der Einbeziehung sind Usability-Tests, Nutzerstudien, Kundenbeobachtungen und Produktkliniken möglich. Bei Usability-Tests werden Versuchspersonen bei der Bedienung von technischen Geräten meist unter Laborbedingungen systematisch beobachtet und ihr Verhalten analysiert. Die ISO 9241 (8) beschreibt »Usability« als »*concept comprising the effectiveness, efficiency and satisfaction with specified users ... can achieve specified goals in a particular environment*«. Bei Nutzerstudien werden die Handlungen von Nutzern meist nach bestimmten Zielgruppen eingeteilt, unabhängig von technischen Artefakten analysiert, um so Anforderungen an ein neues Produkt ableiten zu können. In Kundenbeobachtungen werden beliebige Nutzer in Alltagssituation aufgezeichnet und ihr Verhalten analysiert. In Produktkliniken bewertet ein aus den Zielgruppen repräsentativer ausgewählter Nutzerkreis ein fertiges Produkt, z. B. vor der Serieneinführung und meist im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten, um daraus Strategien für die Produkteinführung bzw. Werbemaßnahmen auf dem Markt zu entwickeln. Wenn es aus organisatorischen Gründen nicht möglich ist, eine werksfremde Versuchspersonengruppe zu den Tests heranzuziehen, können als Versuchspersonen in einem ersten Schritt unbedarfte werksangehörige Probanden, die nicht an der Entwicklung des Konzeptes beteiligt sind, eingesetzt

werden. Vorteil der Auswahl dieses Personenkreises ist eine schnelle Verfügbarkeit der entsprechenden Personengruppe und somit der Möglichkeit, Änderungen an den gleichen Probanden sofort zu evaluieren. Zudem unterliegen viele Projekte während des Entwicklungsprozesses Geheimhaltungsvorschriften, die es nur bedingt ermöglichen, einer werksfremden Personengruppe entsprechende Prototypen zur Durchführung von Nutzertests zur Verfügung zu stellen. Bei Tests, die in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses durchgeführt werden, stehen meist noch keine qualitativ ausreichenden Hardware-Komponenten zur Verfügung. Als einfaches Beispiel entspricht die Ausführung der verwendeten Materialien und Materialeigenschaften noch nicht dem der späteren Serienprodukte. Ebenso kann der Kraft-Weg-Verlauf von Bedienelementen im Versuchsstadium nur mit enormem Aufwand an einem Qualitätsstand, der dem späteren Serienstand entspricht, angepasst werden. Hier ist von den Versuchspersonen eine gewisse Abstraktion bei der Bewertung der Mensch-Maschine-Schnittstelle erforderlich, um eine objektive Bewertung durchführen zu können. Dies ist in der Regel selten der Fall, da von den Versuchspersonen meist nicht alleine das Konzept beurteilt wird, sondern – wenn auch nur auf der subjektiven Seite – die tatsächliche Ausführung des zu erprobenden Versuchsobjektes auf die Bewertung Einfluss hat. Dieser Aspekt sollte auf jeden Fall bei der Planung aber noch mehr bei der Auswertung der Versuchsreihen berücksichtigt werden.

### 2.5.5 Modellierung von Benutzeroberflächen und Rapid-Prototyping

In einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses liegen noch keine funktionsfertigen Prototypen vor. Deshalb ist es notwendig, die Benutzeroberflächen für Nutzertests mit Hilfe von Simulationen darzustellen. *Mehl et al. (1995)* stellen die Simulation als geeignetes Instrument für die Validierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen dar. *Färber (1987)* bewertet unterschiedliche Versuchsmethoden bezüglich ihres Echtheitsgrades der Testbedingungen und der Flexibilität der Tests. Abbildung 2.12 gibt einen Überblick über die Methoden zur Einbeziehung von Nutzererprobungen in den Entwicklungsprozess im Verhältnis zu dem zu tätigen Aufwand an, die im folgenden kurz charakterisiert und bewertet werden sollen.

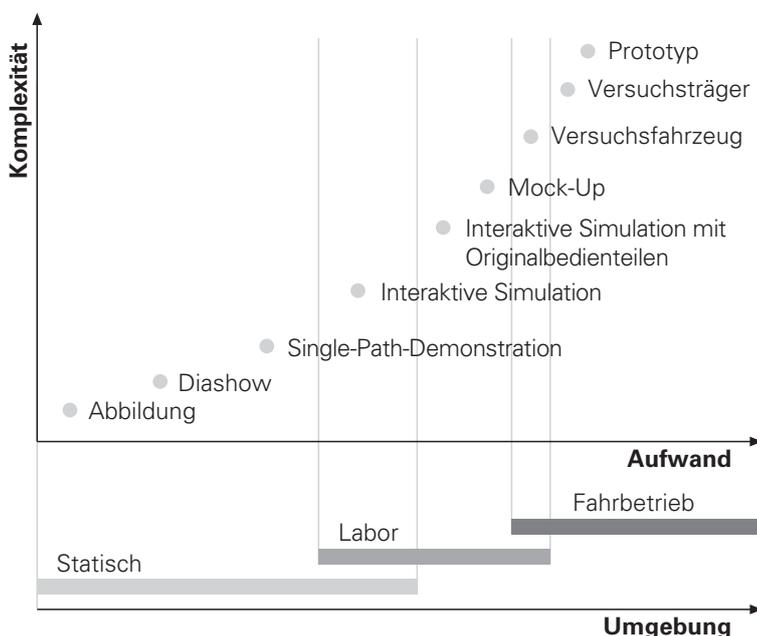


Abbildung 2.12:  
Modellierungsmethoden und Umgebungsbedingungen im Kontext von Komplexität und Aufwand

### 2.5.5.1 Einfache Simulationen

Die einfachste Form einer Bedienoberflächendarstellung ist eine einfache Abbildung der Oberfläche. Vorteil dieser Methode ist der sehr geringe Aufwand und die schnelle Verfügbarkeit der Bilder bei den ersten Konzeptentwürfen. Demgegenüber stehen die fehlende Dynamik und die große Abstraktion. Die Skizzen können mit Hilfe von einfachen Rechnerprogrammen aneinandergereiht werden, um so eine einfache bewegte Animation des Bedienablaufs zu erhalten. Nachteil dieser Darstellungsmethode ist, dass der Benutzer nur in einer passiven Rolle das User-Interface betrachten kann. Als erste Phase einer Simulation können beispielhaft bestimmte Pfade einer Logikstruktur durchschritten werden, die als Anhaltspunkt für die gesamte Bedienlogik dienen. Man spricht deshalb von einer »Single-Path-Demonstration«. Es ist sinnvoll, in der ersten Phase bereits einen komplexen Pfad aufzuzeigen, um die Eignung des Konzeptes zu überprüfen. In einem nächsten Schritt wird die vollständige Menüstruktur mittels einzelner Bilder dargestellt, ohne zwischen den Zweigen wechseln zu können. Nachteil ist die fehlende Interaktivität, die es dem Nutzer ermöglichen würde, sich frei in der Menüstruktur zu bewegen. Wie in einer einfachen Diashow ist bei Nutzertests die Führung durch einen Versuchsleiter notwendig, der die jeweils nächsten Schritte des Strukturbaumes zeigt. Der Programmieraufwand ist durch die fehlende Interaktivität gering.

### 2.5.5.2 Interaktive Simulationen

Ein interaktiver Eingriff der Versuchspersonen in die Menüstruktur erfordert eine Programmierung. Dies geschieht durch den Einsatz von syntaxbasierter Programmiersprache (z.B. in C++, Visual Basic) oder mit Hilfe von Rapid-Prototyping- oder Simulationstools, wie VAPS, Macromedia Director, I-Logix MMI-Tool, Statemate. Sog. CASE-Tools (Computer-Aided-Software-Engineering) ermöglichen über die Simulation zugleich eine Codegenerierung für eine Hardware-Anbindung und eine Entwicklungsdokumentation der Software. Die Software-Tools können mittels herkömmlicher Computereingabemedien auf den entsprechenden handelsüblichen Personal-Computern oder Workstations bedient werden. Eine grafische Oberfläche wird dabei mit Bildbearbeitungssoftware oder Zeichenprogrammen realisiert. Für die Versuchspersonen ist so sehr schnell eine Verständlichkeit der zu testenden Bedienlogik überprüfbar. Eine darauf aufbauende Möglichkeit ist die Anbringung von realen Bedienelementen an den Simulationstools. Analog zu den Bedienelementen können auch originale Fahrzeugdisplays an die Rapid-Prototyping-Plattform angeschlossen sein. Simulationen dieser Art können vor allem verwendet werden, um erste grafische Konzepte nach Kriterien wie Darstellung auf dem Monitor, Übersichtlichkeit und Lesbarkeit, Farbgestaltung usw. zu beurteilen.

### 2.5.5.3 Versuche unter Laborbedingungen

Die nächste Stufe einer Simulation ist die Unterbringung der Rechnersimulation in einem Mock-Up. Vorteil dieser Lösung ist die Ablösung des herkömmlichen Computeraufbaus, der die Versuchspersonen evtl. in ihrer Beurteilung beeinflussen könnte. Die Versuchspersonen können so ein besseres Verständnis für das Gesamtbedienkonzept im Fahrzeuginnenraum erhalten. Da die Umgebung den Bedingungen im Fahrzeug entspricht, können bereits räumliche Anforderungen wie Abstände des Bedienteils und der Anzeige zum Nutzer erfüllt

werden. Der Mock-Up kann in einer fest vorgegebenen Laborumgebung installiert werden. Hier können beispielsweise Videokameras zur besseren Beobachtung der Versuchspersonen fest im Raum installiert sein. So können vergleichbare und rekonstruierbare Umgebungsbedingungen für mehrere unabhängige Versuche, wie sie im Straßenverkehr nicht vorzufinden sind, dargestellt werden. Zudem sind eine konstante Stromversorgung und konstante Umgebungsbedingungen unter Laborbedingungen ein Vorteil bei der Beurteilung von rekonstruierbaren Einflüssen von Umgebungsvariablen auf das Bedienkonzept. Eine weitere Möglichkeit eines statischen Aufbaus besteht in dem Einbau einer geeigneten Simulation in ein Fahrzeug in einer Laborumgebung. Hier besteht auch die Möglichkeit einer vom Versuchsleiter unterstützten Simulation im Echtfahrzeug.

#### **2.5.5.4** Versuche unter fahrdynamischen Bedingungen

Die vollständigste Art einer Simulation wird in einem realen Versuchsfahrzeug im realen Fahrbetrieb oder Fahrsimulator erreicht. Durch den Einsatz im realen Fahrbetrieb treten spezielle Hardware-Anforderungen an die Simulationsplattform auf: Es ist z. B. auf Resistenz gegen Schwingungen und Beschleunigungskräfte, Anpassung an das Bordnetz und eine Vermeidung der Überlastung des Bordnetzes zu achten. Im Fahrzeug steht nur ein begrenztes Raumangebot für die technische Ausrüstung zur Verfügung. Zur Durchführung der Simulation ist auf eine mögliche Störung der elektrischen Geräte durch die Fahrzeugelektrik und umgekehrt zu achten. Beispiele für eine Simulation einer Bedienoberfläche in einem realen Fahrzeug sind *Kempf (1996)*, *Bengler (1995)*, *Nirschl & Kopf (1997)* zu entnehmen. Es kann grundsätzlich unterschieden werden, ob es sich bei der Darstellung der Bedienoberfläche um eine reine Simulation handelt, oder ob ein Eingriff auf die tatsächliche Fahrzeugelektronik erfolgt. Um eine Interaktion mit dem Fahrzeugbussystem und somit die Fahrzeugelektronik zu erhalten und so auf die reale Verhaltensweise von fahrzeugintegrierten Systemen, wie z.B. das Audiosystem oder die Regelung der Heizungs- und Klimaautomatik, zugreifen zu können, ist eine Anbindung der Rapid-Prototyping-Plattform an das Fahrzeugbussystem notwendig. So kann mit einer simulierten Bedienoberfläche beispielsweise die reale Verhaltensweise der Klimaanlage oder des Audiosystems direkt erlebt werden.

#### **2.5.5.5** Prototypenerprobung

Ein sog. Versuchsträger ist bestimmt durch den Einsatz von Teilen, die in Einzelfertigung erstellt wurden. Der Versuchsträger dient zur Erprobung von Einzelkomponenten und Musterteilen, die meist in Einzelfertigung hergestellt werden. Die dabei verwendeten Teile können von einem späteren Serienmodell konstruktiv noch abweichen. Bei einer Verwendung von Bauteilen, die mit Originalwerkzeugen produziert werden, spricht man von einem Prototypen. Ein kompletter Prototyp zur Validierung der Serienkomponenten steht erst im Laufe der Serienentwicklung zur Verfügung. Man spricht hier deshalb von der Serienerprobung. Eine Änderung im Gesamtkonzept der Fahrzeugbedienung ist z. B. aufgrund der bestehenden Werkzeugteile aus Kosten- und Termingründen in diesem Status nicht mehr möglich. Vielmehr dient ein Prototyp im Vorserienstatus dazu, Feinheiten, wie z. B. die Haptik der Bedienelemente, Darstellungsqualität bei den Anzeigen, sowie die Dauerbelastbarkeit der Komponenten unter verschiedensten Umgebungsbedingungen und fahrdynamischen Tests abzustimmen. Die grundlegende Konzeptabstimmung hat deshalb in einem früheren Status mit den vorher beschriebenen Simulationsmethoden zu erfolgen.

Für die Darstellung und Validierung einer bildschirmbasierten Oberfläche in dieser Arbeit wurde die Methode der Darstellung einer voll interaktiven Simulation im Echtfahrzeug unter dynamischen Fahrbedingungen ausgewählt, die in Kapitel 6.2 beschrieben wird und mit einem Seriensystem verglichen werden soll.

### 3 Formulierung der Untersuchungsschwerpunkte

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die Anforderungen und Randbedingungen zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil theoretisch aufgezeigt. Nun soll anhand von mehreren Versuchsreihen die Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen für das Kraftfahrzeug unter systemergonomischen Aspekten untersucht werden. Dazu soll zunächst eine Bedienoberfläche aus dem Serieneinsatz nach systemergonomischen Kriterien analysiert werden (Kapitel 4). Die subjektiven und objektiven Ergebnisse eines Realversuches sollen mit dem Vergleich der vorher aufgestellten systemergonomischen Analyse mit den technischen Abläufen der Nutzerschnittstelle korreliert werden (Kapitel 5).

Die daraus resultierenden Ergebnisse sollen in die Neukonzeption einer Nutzerschnittstelle in einem bildschirmbasierten zentralen Anzeige- und Bediensystem einfließen. Dieses Neukonzept soll in Kapitel 6 mit Hilfe eines Rapid-Prototyping-Tools in mehreren Konzeptvarianten dargestellt werden. Die Konzeptvarianten unterscheiden sich bezüglich ihrer Menütiefe und -breite. Die so dargestellten Bedienoberflächen sollen wiederum nach den gleichen Kriterien wie in der Analyse des Serienfahrzeuges mit Hilfe einer Versuchsreihe validiert und bewertet werden. Hierzu ist es notwendig, vorher ein Fahrzeug mit geeigneten Prototyping-Tools auszurüsten, um eine Möglichkeit der flexiblen Oberflächengestaltung in Kombination mit einem für den realen Straßenverkehr zugelassenen fahrbaren Versuchsfahrzeug zu erhalten. Zudem soll ein Vergleich zwischen Fahr- und Standversuch durchgeführt werden, um eine Aussage bezüglich des Fahreinflusses auf die Fehleranfälligkeit des Systems durchführen zu können. Abschließend sollen die Ergebnisse aus dem konventionellen System und dem bildschirmbasierten System mit der systemergonomischen Analyse abgeglichen werden. Abbildung 3.1 zeigt die Vorgehensweise bei den Versuchsdurchführungen.

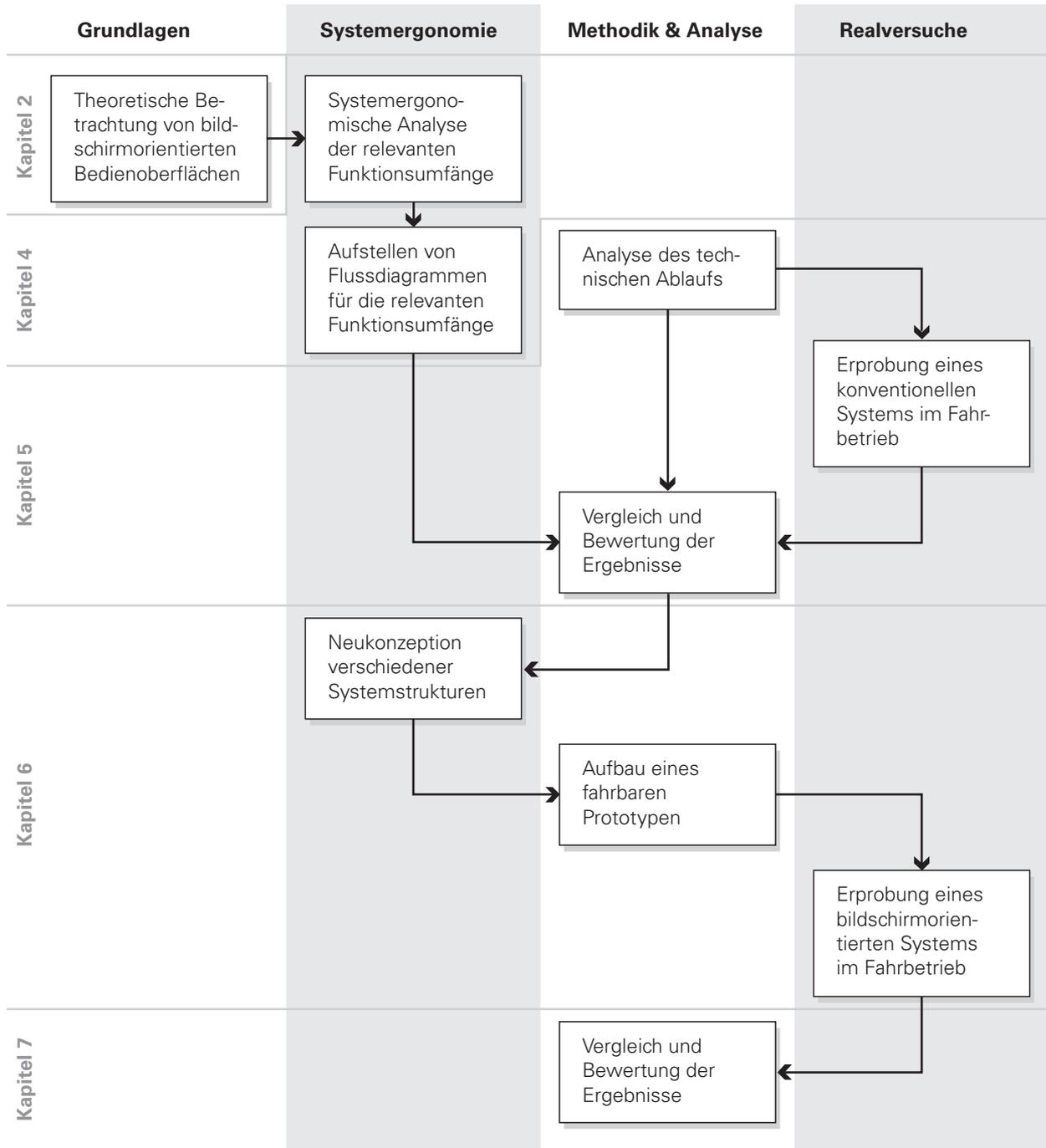


Abbildung 3.1: Vorgehensweise bei den Versuchsdurchführungen

## 4 Systemergonomische Analyse bei der Gestaltung von Fahrerinformationssystemen

### 4.1 Systemergonomische Analyse

In der Systemergonomie wird der Aspekt der Informationswandlung durch das Mensch-Maschine-System betrachtet. Man versteht darunter die methodische, ergonomische Vorgehensweise bei der Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen, basierend auf der Denkweise der Systemtechnik (*Bernotat 1993*). Die Systemergonomie befasst sich insbesondere mit der Entwicklung von ergonomischen Analyse- und Gestaltungsmethoden und ihren Anwendungen auf die Lösung von Mensch-Maschine-Systemproblemen, die während der Entwicklung einer Systemauslegung entstehen (*Döring, 1982; Bubb & Schmidtke, 1993*). Ziel der Systemergonomie ist es, sowohl die Systemleistung als auch die Systemzuverlässigkeit zu erhöhen. Es soll also sowohl die Qualität der Aufgabenerfüllung als auch die Betriebssicherheit verbessert werden, um so die Fehlerwahrscheinlichkeit zu minimieren.

#### 4.1.1 Analyse der Funktion

Der wesentliche Bestandteil der systemergonomischen Analyse ist die Analyse der Funktion. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der technischen Funktion und dem tatsächlichen Nutzerwunsch, der nicht zwangsläufig mit der technischen Funktion übereinstimmen muss. *Norman (1989)* fordert bei der Gestaltung Aufgabenorientiertheit statt Toolorientiertheit. Für die ergonomische Analyse wird der Nutzerwunsch betrachtet. Ziel für den Nutzer ist es in der Regel, einen unzureichenden Zustand in einen gewünschten zu ändern. Durch die Betrachtung des Nutzerwunsches an Stelle der technischen Funktion können auch völlig neue technische Lösungsmöglichkeiten generiert werden.

#### 4.1.2 Analyse der Bedienung

##### 4.1.2.1 Zerlegung des Bedienvorgangs

Jede Aufgabe selbst kann unterteilt werden in Einzelaufgaben (Teilaufgaben). *Bubb (1993/2)* beschreibt die Aufteilung einer Arbeitsaufgabe in Einzelaufgaben und deren zeitliche Abfolge als einen wichtigen Schritt in der Systemergonomie. Prinzipiell ist bei jeder Funktion immer von einem Zustand auszugehen, der geändert werden soll, bzw. einem Ziel, das durch die Änderung eines Zustandes erreicht werden soll. Um zu dem gewünschten Endergebnis zu gelangen, ist ausgehend von dem Nutzerwunsch, der gesamte Bedienvorgang zwischengeschaltet. Ein gesamter Bedienvorgang kann in entsprechende, notwendige Einzelhandlungen, bzw. Einzelaufgaben zerteilt werden. Jede Einzelaufgabe selbst kann wiederum unterteilt werden in die notwendigen Handlungsschritte, die aus Anwendersicht getätigt werden müssen, um die jeweilige Einzelaufgabe zu lösen. In Abbildung 4.1 ist die Zerlegung des Bedienvorgangs mit den notwendigen Einzelschritten vom Nutzerwunsch bis zum Ergebnis des Bedienvorgangs dargestellt.

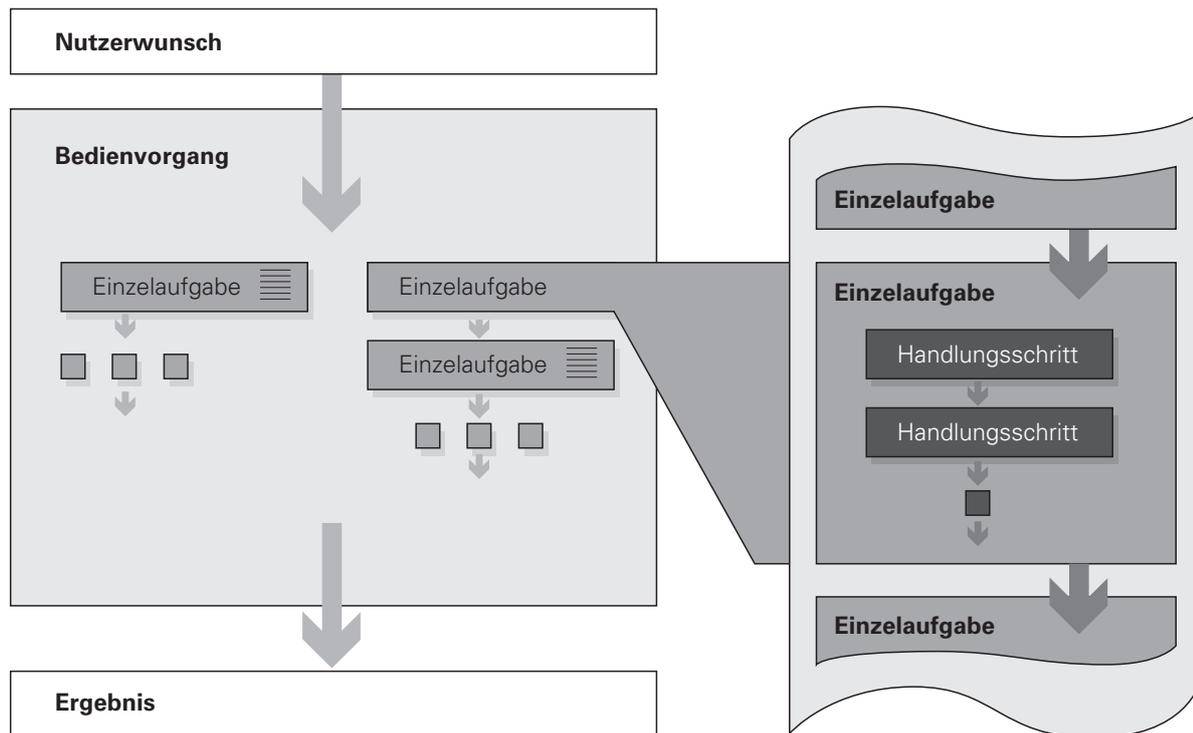


Abbildung 4.1: Zerlegung eines Bedienvorgangs

Die Analyse der Bedienung bezieht sich auf die zeitliche Ordnung der Teilaufgaben. Generell kann in der zeitlichen Abfolge unterschieden werden zwischen einer sequentiellen Abfolge und einer simultanen Abfolge der Teilaufgaben. Bei einer sequentiellen Abfolge müssen die beiden Teilaufgaben zwangsläufig hintereinander ausgeführt werden, das heißt, eine Teilaufgabe muss vollständig abgearbeitet sein, um mit der nächsten Teilaufgabe beginnen zu können. Bei der simultanen Abfolge spielt die Reihenfolge der Abarbeitung der Teilaufgaben keine Rolle für die Erfüllung der Gesamtaufgabe. Nach *Bubb (1993)* werden Betätigungsvorgänge vom Nutzer dann als umständlich empfunden, wenn er von der Maschine zu einer bestimmten sequentiellen Reihenfolge der Abarbeitung von Teilschritten gezwungen wird, die eigentlich simultan abgearbeitet werden könnten.

#### 4.1.2.2 Darstellung in einem Flussdiagramm

Die Handlungsabfolge der Einzelaufgaben lässt sich in einem Flussdiagramm aufzeichnen. Anhand des Flussdiagramms kann die Gestaltung und Verteilung der Teilaufgaben in einer Mensch-Maschine-Schnittstelle möglichst effizient erarbeitet werden. Die für alle Funktionsumfänge relevanten Flussdiagramme sollen am Ende der Analysephase in einem integrierten Gestaltungsprozess für die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil als Grundlage für eine Ablaufmodellierung und eine Gruppierung und Hierarchisierung der Funktionen für die spätere Gestaltung vorliegen. *Bubb (1993/2)* und *Wagner (1999)* beschreiben die prinzipielle Vorgehensweise bei der Erstellung von Flussdiagrammen:

1. Aufteilung des gesamten Bedienvorgangs in Einzelaufgaben
2. Welche Aufgaben können parallel abgearbeitet werden
3. Welche Aufgaben müssen sequentiell abgearbeitet werden
4. Aufteilung der Aufgabe in Entscheidungen und Tätigkeiten

Grundsätzlich wird innerhalb eines Flussdiagramms unterschieden zwischen Entscheidungen und notwendigen Tätigkeiten bzw. Handlungen seitens des Nutzers. Ausgehend von dem Nutzerwunsch einer Zustandsänderung werden sämtliche Entscheidungsmöglichkeiten im Anfangszustand parallel als Raute aufgezeichnet. Für jede der Entscheidungsmöglichkeiten wird ein eigener neuer Pfad erstellt. Stehen mehrere Entscheidungsrauten nebeneinander, so können die entsprechenden Entscheidungen simultan abgearbeitet werden, was jedoch nicht heißen muss, dass die Aufgaben auch gleichzeitig zu bearbeiten sind. Es handelt sich um Mehrfachentscheidungen. Stehen Entscheidungsrauten untereinander, so ist eine sequentielle Abarbeitung der Aufgaben zwingend erforderlich. Ein Aufgabenschritt muss jeweils vollendet sein, um den nächsten abarbeiten zu können. Jeder Entscheidung folgt eine daraus erforderliche Handlung oder eine erneute Entscheidung. Die Handlung kann ihrerseits nochmals unterteilt werden in Teilhandlungen. Für die Darstellung in den Flussdiagrammen werden einheitliche Kennzeichnungen verwendet. In Abbildung 4.2 ist der prinzipielle Baustein des Flussdiagramms für eine einzelne Aufgabe dargestellt. Grafisch werden Entscheidungen mit Rauten dargestellt, während Handlungen bzw. Aktionen mit einem rechteckigen Feld gekennzeichnet werden. Jedes Rechteck kann dabei wiederum als Wirkungsgefüge dargestellt werden. *Bubb (1993/2)* zeigt die Erstellung eines entsprechenden Wirkungsgefüges am Beispiel der Bedienung eines Tempomaten.

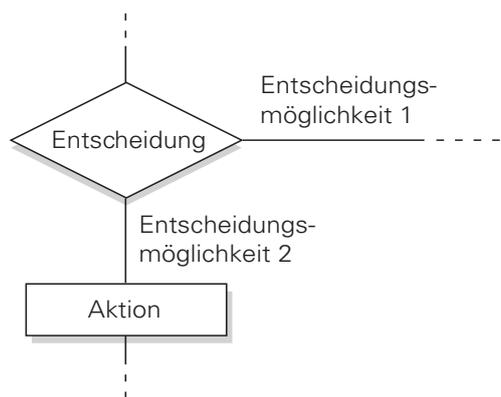


Abbildung 4.2: Einzelbaustein in einem Flussdiagramm

*Bubb (1993/2)* unterscheidet bei der Erstellung von Flussdiagrammen in Ist-Darstellung und Soll-Darstellung, je nachdem ob die Konzeption der Bedienung aus Sicht des Maschinensystems oder der Aufgabenstellung erfolgt. Wichtig ist, dass bei einer ergonomischen Betrachtung die Erstellung aus Sicht des Nutzers und nicht aus der Sicht der technischen Lösung erfolgt. *Bubb (1993/2)* beschreibt weiterhin die Möglichkeiten der Gestaltung, ausgehend von einem systemergonomischen Flussdiagramm. Die Flussdiagramme können für die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle dazu verwendet

werden, um einerseits Funktionsbereiche zu definieren, andererseits simultane und sequentielle Betätigungsschritte zu identifizieren. Zudem können aus dem Flussdiagramm die für den Nutzer notwendigen Informationen zu jedem Handlungsschritt identifiziert werden. Aus dem Flussdiagramm kann noch keine Aussage gemacht werden, inwieweit die Darstellungsqualität einer Information einen Einfluss auf die Qualität der Mensch-Maschine-Schnittstelle hat. Für diese Aussage ist eine detaillierte Betrachtung der Einzelfunktionen bzw. notwendigen Handlungsschritte notwendig (siehe Kapitel 4.3).

### 4.1.3 Führungsart

Die Führungsart einer Aufgabe beschreibt die zeitliche Abhängigkeit der Aufgabe. Dabei wird unterschieden zwischen dynamischen Aufgaben und statischen Aufgaben. Bei dynamischen Aufgaben ist die Erledigung der Aufgabe an ein begrenztes Zeitfenster oder Ortsfenster gebunden. Ein Beispiel für eine dynamische Aufgabe im Fahrzeug wäre das Setzen

eines Blinkers, das in einem bestimmten Moment, nämlich eine bestimmte Distanz vor dem Abbiegen, zu erfolgen hat. Im Gegensatz dazu spielt bei einer statischen Aufgabe das zeitliche Fenster keine Rolle. Die Aufgabe kann zu einem beliebigen Zeitpunkt erledigt werden. Die Betätigung von Komfortfunktionen im Automobil ist meistens an kein enges zeitliches Fenster gebunden, weshalb hier meist von statischen Aufgaben auszugehen ist. In der Regel werden diese Funktionen betätigt, wenn der Verkehrsfluss es zulässt. Dieses Zeitfenster ist meist länger und somit liegt für die Führungsart dieser Aufgaben eine statische Aufgabe vor.

#### **4.1.4 Dimensionalität**

Die Dimensionalität gibt an, auf wie viele Freiheitsgrade der Operateur Einfluss auf die Maschine nehmen muss. Es kann unterschieden werden in eindimensionale Aufgaben, zwei- und mehrdimensionale Aufgaben.

#### **4.1.5 Aufgabenart**

In der Aufgabenart wird unterschieden zwischen einer aktiven und einer monitiven Aufgabenart. Eine aktive Aufgabenstellung liegt vor, wenn eine serielle Mensch-Maschine-Schaltung vorliegt. Von einer monitiven Aufgabenart wird gesprochen bei einer parallelen Schaltung von Mensch und Maschine. Das Einschalten eines Automaten wird nach *Bubb & Bolte (1988)* immer als aktive Aufgabe angesehen, während das anschließende Beobachten eine monitive Aufgabe darstellt.

#### **4.1.6 Darstellungsart**

Die Darstellungsart gibt an, in welcher Form technische Anzeigen dem Anwender den Prozess darstellen. Bezüglich der Darstellungsart wird unterschieden zwischen einer Folge- und einer Kompensationsaufgabe. Bei einer Folgeaufgabe kann der Mensch direkt den Vergleich zwischen der Aufgabenstellung und der Aufgabenerfüllung beobachten. Bei der Kompensationsaufgabe wird die Differenz zwischen Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung dargestellt. Die Kompensationsaufgabe erlaubt eine beliebige Displayverstärkung.

#### **4.1.7 Gestaltungsempfehlungen aus der systemergonomischen Analyse**

In Tabelle 4.1 sind zusammenfassend Gestaltungsempfehlungen für eine optimierte Lösung aufgrund der systemergonomischen Analyse dargestellt. Diese Gestaltungsempfehlungen stellen eine Grundlage für ein Bewertungssystem zur Analyse von bestehenden Produkten dar.

Tabelle 4.1: Gestaltungsempfehlung aus der systemergonomischen Analyse

Schritt		Gestaltungsempfehlung
<b>Bedienung</b>	Zeitliche Organisation	Die Bedienoberfläche spiegelt die zeitliche Organisation wieder
	Sequentiell	Sequentielle Aufgaben müssen nicht parallel zugänglich sein Ideal: Nutzerführung, d. h. nach Erfüllung der ersten Aufgabe wird die zweite Aufgabe angeboten
	Parallel	Parallele Aufgaben sind auch im parallelen Zugang
<b>Führungsart</b>	Dynamisch	Direkter Zugang Einfach aufzufinden
	Statisch	Direkter Zugang nur bedingt erforderlich, Funktion kann auch auf Abruf zur Verfügung gestellt werden
<b>Dimensionalität</b>	Eindimensional	Eindimensionales Bedienelement
	Mehrdimensional	Freiheitsgrade nach Dimensionalität
<b>Aufgabenart</b>	Aktiv	Zugang zu den Funktionen möglichst einfach ermöglichen
	Monitiv	Abweichung vom Idealzustand deutlich aufzeigen Idealerweise Handlungsempfehlung abgeben
<b>Darstellungsform</b>	Folgeaufgabe	Deutliche Transparenz der Aufgabenstellung und vor allem der Aufgabenerfüllung
	Kompensationsaufgabe	Eindeutige Anzeige der Differenz zwischen Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung

#### 4.1.8 Analyse der Rückmeldung

*Bubb & Bolte (1988)* beschreiben die Eigenschaften einer ergonomischen Rückmeldung und geben zeitlichen Empfehlungen von ca. 100–200 ms, bei dynamischen Aufgaben unter 100 ms. Die Rückmeldung kann unterteilt werden in die Rückmeldung der Betätigung selbst und in die Rückmeldung der Änderung des Systemzustands, bzw. der Funktionsausführung. Tabelle 4.2 gibt, ausgehend von diesen Feedback-Eigenschaften, Gestaltungsempfehlungen für eine optimale Rückmeldung für diese beiden Schritte. Auf die Eigenschaften der Rückmeldung wird zusätzlich in Kapitel 4.3 bei der Betrachtung der Handlungsschritte eingegangen.

Tabelle 4.2: Gestaltungsempfehlung zur Rückmeldung des Systems

Schritt		Gestaltungsempfehlung
<b>Rückmeldung über die Betätigung</b>	Rückmeldung am Bedienelement	Klare haptische Rückmeldung des Bedienelements Klare optische Rückmeldung des Bedienelements Deutliche Erkennbarkeit des Schaltzustands
	Rückmeldung an der Anzeige	Sofortige Anzeige der Betätigung
<b>Rückmeldung über die ausgeführte Funktion</b>		Betriebszustand klar erkennbar Rückmeldung innerhalb der zeitlichen Wahrnehmungsschwelle von 100 ms (200 ms) Anzeige, dass das System arbeitet, falls nicht in der notwendigen Zeit eine direkte Rückmeldung erfolgt

### 4.1.9 Analyse der Kompatibilität

Eine kompatible Anzeige liegt vor, wenn der Decodierungsaufwand bei der Informationsverarbeitung gering ist (*Schmidtke & Rühmann, 1993*). Nach *Bullinger et al. (1987)* erhöht eine kompatible Anzeigengestaltung die Effektivität und Sicherheit eines Systems und reduziert die Antwortzeit und den Lernaufwand. *Spanner (1992)* gibt einen detaillierten Überblick über verschiedene Arten der Kompatibilität. Zu unterscheiden sind die räumliche Kompatibilität und die Bewegungs-Beziehungs-Kompatibilität. Die räumliche Kompatibilität bezieht sich auf die sinnvolle örtliche Anordnung einer Anzeige zu einem Stellteil, während die Bewegungs-Beziehungs-Kompatibilität alle Regeln umfasst, die den Zusammenhang zwischen Anzeigebewegung und Stellteilbewegung betrifft, indem sie alle menschlichen Stereotypen und natürlichen Erwartungen berücksichtigt.

Die primäre Kompatibilität beschreibt die Sinnfälligkeit zwischen den »inneren Modellen« des Menschen und den Anzeigen bzw. Stellteilen. Die Drehung eines Bedienteils im Uhrzeigersinn bzw. eine Bewegung nach rechts sollte so eine Erhöhung, Verstärkung oder Beschleunigung des zu kontrollierenden Vorgangs bewirken, um den Erwartungen des Benutzers zu entsprechen. Entsprechend sollte eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn eine Herabsetzung, Abschwächung oder Verlangsamung zufolge haben (*Grandjean, 1967*). Die sekundäre Kompatibilität bezieht sich auf den gegebenenfalls vorhandenen Widerspruch innerhalb eines Informationskanals. Zum Beispiel besteht bei einem hängenden Zeiger ein Widerspruch zwischen der von links nach rechts ansteigenden Anzeige und dem Zeiger selbst, der eine Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn ausführt. Vorgaben zur Erfüllung der primären und sekundären Kompatibilität finden sich in *Schmidtke & Rühmann (1993)*. Weitere Hinweise zur Kompatibilität können *Neveit (1972)*, *Sanders & McCormick (1987)* sowie der DIN 33414 bzw. DIN EN 60447 entnommen werden. Eine Zusammenfassung dieser Vorgaben, aus der sich Gestaltungsregeln ableiten lassen, ist in Tabelle 4.3 dargestellt.

Tabelle 4.3: Gestaltungsempfehlung zur Kompatibilität des Systems

Schritt	Gestaltungsempfehlung
<b>Primäre Kompatibilität</b> Sinnfälligkeit zwischen verschiedenen Informationen Anzeige – Wirklichkeit Anzeige – Anzeige Bedienelement – Anzeige Bedienelement – Bedienelement Bedienelement – Wirklichkeit	Sinnfälligkeit berücksichtigen Bewegungsstereotypen beachten: Rechts, oben, vorne = mehr, an Links, unten, hinten = weniger, aus
<b>Sekundäre Kompatibilität</b> Anordnung des Bedienelement bzw. der Anzeige im Raum	Anordnung im Raum so, dass nur Bewegungsformen ohne inneren Widerspruch mit den o.g. Bewegungsstereotypen möglich sind Interferenzen vermeiden

## 4.2 Anwendung an praktischen Beispielen

Im folgenden soll mit Hilfe von Beispielen aus dem Audio- und Klimabereich eines Fahrzeugs die Zerlegung des Bedienvorgangs sowie die dazugehörige Erstellung des Flussdiagramms verdeutlicht werden. Dabei sollen sämtliche Überlegungen, die bei der Erstellung einer systemergonomischen Betrachtung einer Funktion berücksichtigt werden, durchlaufen werden.

### 4.2.1 Bedienung des Audiosystems

Als praktisches Anwendungsbeispiel, das auch für die folgenden Versuche benötigt wird, eignet sich die Bedienung des Audiosystems. Der Nutzerwunsch ist hierbei zunächst nicht an technische Komponenten wie das Radio etc. gekoppelt, sondern aufgeteilt in inhaltliche und akustische Anforderungen. Das Flussdiagramm zweigt sich also in zwei parallele Zweige auf, von denen der erste die inhaltliche Seite, der zweite die akustische Einstellung beinhaltet. Innerhalb der inhaltlichen Seite ist der Wunsch des Anwenders nach einer bestimmten Funktion die Entscheidungsfrage. Dabei kann es einerseits die Möglichkeit sein, eine bestimmte Quelle (wie Radio oder eine bestimmte CD) auszuwählen, andererseits der freie Wunsch nach bestimmten Informationen bzw. Musikstücken sein. Es ergibt sich aus der systemergonomischen Analyse, dass eine freie Musikauswahl z. B. nach Titel, Interpret etc. unabhängig von der technischen Umsetzung des Mediums sinnvoll ist. Die einzelnen Zweige der bestimmten Quellen erweitern sich jeweils quellspezifisch. Der akustische Pfad gliedert sich parallel in die Zweige Lautstärke, Klangfarbe und Klangrichtung auf. Das entsprechende Flussdiagramm ist dem Anhang II-2 zu entnehmen.

### 4.2.2 Entfrostet der Windschutzscheibe

Als weiteres Beispiel für die systemergonomische Analyse eignet sich das Entfrostet der Windschutzscheibe: Der Nutzerwunsch dieser Aufgabe besteht darin, z. B. bei kalter Umgebung (gefrorene oder beschlagene Scheibe) die Sicht nach außen zu verbessern. Die Nutzeranforderung berücksichtigt zunächst keine technische Lösung, sondern stellt den

Wunsch, von einem Ausgangszustand, hier also die angefrorene Scheibe, in einen Wunschzustand – klare Sicht nach außen – zu kommen. Generell könnte dieser Betätigungsvorgang auch von einem einzigen Schritt bewältigt werden, nämlich mit der Funktion »Scheibe beschlagfrei«. In diesem Schritt stellt sich bereits die Frage, ob der Bedienvorgang nicht automatisiert werden kann (Defrost-Funktion). Da es sich um eine dynamische Aufgabe handelt und die Scheibe bei Beschlag sofort davon befreit werden soll, muss die Funktion im direkten Zugang befindlich sein. Die Führungsgröße ändert sich in diesem Beispiel nicht. Es handelt sich um eine aktive Aufgabe, da der Nutzer das System selbst aktiviert. Erst bei einem weiteren Regelvorgang (z.B. Gebläsestufe wieder erniedrigen) würde der Übergang von einer aktiven zu einer monitiven Aufgabe stattfinden. Die Aufgabe ist eindimensional. Ist der Nutzerwunsch nicht mit einem einzigen Betätigungsvorgang möglich, in unserem Beispiel also die Automatisierung der Funktion, so muss der Bedienvorgang weiter aufgeteilt werden. Es stellt sich also die Frage, was aus Sicht des Nutzers getan werden muss, um die Scheibe ohne eine entsprechende Automatik beschlagfrei zu bekommen. In unserem Beispiel könnte der Betätigungsvorgang in die drei Einzelaufgaben 1) Erhöhung der Temperatur der Heizungsanlage, 2) einschalten bzw. erhöhen der Luftzufuhr, sowie 3) das Richten des Luftstromes an die Windschutzscheibe unterteilt werden. Die beiden Tätigkeiten »Regelung der Temperatur« und »einschalten der Lüftung« können parallel dargestellt werden, da keine der Aufgaben aus Nutzersicht von der anderen abhängig ist. Die Aufgabe, Luft an die Scheibe zu lassen, hängt von der Aufgabe Luftzufuhr einschalten, bzw. erhöhen ab, da ohne sie keine Luft zu Verfügung steht. Die beiden Aufgaben sind also sequentiell zu bearbeitende Teilaufgaben.

Für die Funktion »Luft an die Scheibe führen« selbst gibt es zwei mögliche Modellvorstellungen: Zum einen ist dies die Vorstellung, dass ein bestimmter Luftstrom, dessen Menge vorher durch die Luftzufuhr geregelt wurde, im Fahrzeug in eine bestimmte Richtung (in unserem Beispiel oben) gelenkt wird. Zum anderen bietet sich die Vorstellung an, dass ein vorher bestimmter anliegender Luftstrom an den entsprechenden Ausströmstellen gedrosselt oder freigegeben wird. Beide Modelle können jeweils vollständig als Flussdiagramm abgebildet werden (siehe Anhang II-1). An diesem Beispiel kann verdeutlicht werden, dass oftmals mehrere gleichwertige Lösungsmöglichkeiten zur Erstellung der Flussdiagramme möglich sind. Oft ist der Weg, den Nutzerwunsch zu erfüllen, stark von der jeweiligen Vorbildung bzw. den Vorkenntnissen des Nutzers abhängig. Wichtig ist auf jeden Fall, bei allen Vorgängen den tatsächlichen Nutzerwunsch als Ausgangsgrundlage für ein technisches Modell zu haben und nicht umgekehrt. In der systemanalytischen Vorgehensweise bietet es sich jedoch an, mehrere mögliche Lösungswege auszuarbeiten und diese miteinander zu vergleichen, da so auch oftmals unkonventionelle neue Lösungen auf der technischen Seite generiert werden können.

### **4.3 Zerlegung einer Einzelaufgabe in Handlungsschritte**

Eine Einzelaufgabe ist durch einen definierten Eingangs- und Ausgangszustand gekennzeichnet. Innerhalb einer Einzelaufgabe kann nicht weiter zeitlich in sequentielle oder parallele Aufgaben unterteilt werden. Dennoch lässt sich eine Einzelaufgabe noch weiter in für den Nutzer notwendige Handlungsschritte untergliedern, um eine detailliertere system-

ergonomische Betrachtung, z.B. innerhalb von Versuchen zur Qualität der Aufgabenerfüllung, durchführen zu können. Es empfiehlt sich eine weitere Aufschlüsselung in fünf Handlungsschritte bzw. Tätigkeiten seitens des Nutzers.

**1)** In einem ersten Schritt der Abarbeitung der Einzelaufgabe muss der Nutzer erkennen, wo er die Funktion betätigen kann. **2)** Hat der Nutzer den Ort der Betätigung richtig erkannt, ist das Erkennen der Betätigungsart der nächste Schritt. Als Betätigungsart ist dabei zu verstehen, in welcher Weise die Bedienung vollzogen werden muss. Beispiele für Betätigungsarten sind das Drehen eines Drehknopfes, das Drücken eines Tasters oder die Positionierung eines Cursors und eine darauf folgende Auslösung der Funktion über eine Bestätigung bei einem bildschirmbasierten System. **3)** Nach dem Erkennen der Betätigungsart erfolgt das Betätigen selbst. Der Betätigungsvorgang selbst kann wiederum detailliert unterteilt werden, z.B. in »Führen des Fingers zum Betätigungselement, Berühren der Taste, Drücken der Taste« etc., führt aber nicht zu einer weiter detaillierten Gestaltungsempfehlung und soll deshalb auch nicht weiter betrachtet werden. Nach dem Betätigen ist die Erfassung der Rückmeldung über die erfolgreiche Betätigung notwendig. Dabei kann die Rückmeldung selbst zweigeteilt betrachtet werden und zwar **4)** in die Rückmeldung der Betätigung und **5)** die Rückmeldung der Reaktion. Bei ersterer erhält der Nutzer die Bestätigung, dass seine Eingabe angenommen wurde. Dies kann z.B. durch eine Rückmeldung des Bedienelementes auf haptische, optische und akustische Weise oder einer dazugehörigen Anzeige geschehen. Bei der Rückmeldung der Reaktion erhält der Nutzer die Information, dass die Aufgabe auch tatsächlich von der Maschine erfüllt wurde. Die Zeit zwischen der Rückmeldung der Betätigung und der Rückmeldung der Funktionsausführung wird vom Anwender als Systemreaktionszeit wahrgenommen. Eine möglichst zeitgleiche Bestätigung der Bedienaktion und der Funktionsrückmeldung sind erforderlich, da der Nutzer sonst oftmals eine ungewünschte Doppelbetätigung durchführt. Alle Handlungsschritte sind in Abbildung 4.1 dargestellt.

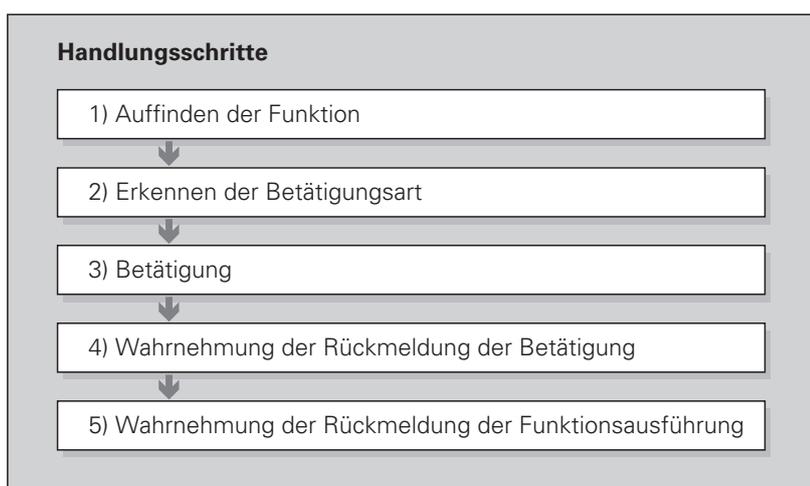


Abbildung 4.1:  
Handlungsschritte innerhalb einer Einzelaufgabe

Analog zur allgemeinen systemergonomischen Analyse lassen sich auch für jeden einzelnen Handlungsschritt Gestaltungsempfehlungen ableiten, die nun für die detaillierte Betrachtung von Mensch-Maschine-Schnittstellen als Kriterien herangezogen werden können. Sie sind in Tabelle 4.4 dargestellt.

## 4.4 Systemergonomische Bewertung

### 4.4.1 Ableitung eines Bewertungssystems aus der systemergonomischen Analyse

Anhand der Ergebnisse der systemergonomischen Analyse sowie der dazugehörigen Gestaltungsempfehlungen lässt sich ein System zur Beurteilung von Mensch-Maschine-Schnittstellen ableiten. Eine Möglichkeit der Bewertung besteht in der Bildung von Qualitätszahlen für die Teilaspekte der systemergonomischen Analyse. Zur Gestaltungsbeurteilung eignet sich analog zu *Bubb & Bolte (1988)* ein Bewertungssystem, in dem jede Frage, die vorher bei der systemergonomischen Analyse entwickelt wurde, mit »ja« oder »nein« beantwortet werden kann. Entsprechend der Aussage wird der jeweilige Wert mit »0« oder »1« benotet. Kann eine Frage mit »weder noch« beantwortet werden, so wird dies mit dem Wert »0,5« belegt. Mehrere Teilantworten können dabei zu einem Bewertungsaspekt als Bewertungszahl  $X$  zusammengefasst werden. Die Bewertungszahl errechnet sich als Mittelwert der Einzelbewertungen. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen dem Idealwert  $X_{\text{soll}}$  und dem tatsächlichen Wert des zu analysierenden Systems  $X_{\text{ist}}$ . Durch den Vergleich von  $X_{\text{soll}}$  und  $X_{\text{ist}}$  errechnet sich die Qualitätszahl  $Q_E$ . Die Gesamtqualitätszahl des zu bewertenden Systems errechnet sich aus dem Mittelwert der Qualitätszahlen für die Teilaspekte. Die Qualitätszahl  $Q_E$  ist eine Möglichkeit, zu einer Wertezahl zu kommen. Weitere Möglichkeiten wären das arithmetische Mittel oder ein gewichtetes Mittel.

### 4.4.2 Praktische Umsetzung

Anhand der Gestaltungsempfehlung aus Kapitel 4.1 soll nun eine entsprechende Bewertungsmatrix für die detaillierte Betrachtung von Einzelaufgaben entwickelt werden. Die theoretische Betrachtung soll in einem nächsten Schritt mit den Ergebnissen aus Realversuchen verglichen werden. Als Leitfaden für die Fragestellungen eignet sich die Gestaltungsempfehlung für die Handlungsschritte aus Tabelle 4.4. Die Werte für die einzelnen Handlungsschritte können in Relation zu den Optimalwerten, bei denen jede Frage mit »1« bewertet wird, gesetzt werden. Aus der Kombination sämtlicher Einzelbewertungen ergibt sich eine Bewertungszahl für die Gesamtaufgabe  $X_{\text{ist}}$ , die sich folgendermaßen zusammensetzt:

$$X_{\text{ist}} = \sqrt{\left(\frac{X_1}{4}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{X_3}{3}\right)^2 + \left(\frac{X_4}{2}\right)^2 + \left(\frac{X_5}{3}\right)^2}$$

Formel 4.1: Bewertungszahl  $X_{\text{ist}}$

Die Bewertungszahl  $X_{\text{ist}}$  kann in Relation zu der Sollbewertungszahl  $X_{\text{soll}}$ , die sich durch Setzen sämtlicher Werte auf »1« errechnet, gesetzt werden. Dadurch entsteht die Qualitätszahl  $Q_E$ . Die Qualitätszahl  $Q_E$  ergibt sich nach folgender Formel:

$$Q_E = \frac{X_{\text{ist}}}{X_{\text{soll}}} * 100\%$$

Formel 4.2:  
Qualitätszahl  $Q_E$

$$Q_x = \sqrt{\left(\frac{\sum X_i}{4}\right)^2}$$

Formel 4.3:  
Qualitätszahl eines Handlungsschrittes  $Q_x$

Die Qualitätszahl für die einzelnen Handlungsschritte  $Q_x$  ergibt sich aus der Wurzel des Quadrats des Quotienten aus der Summe der Einzelwerte geteilt durch die Anzahl der Werte. Tabelle 4.4 zeigt die Bewertungskriterien und die Sollbewertungszahl bei einer idealen Bewertung. Die Sollqualitätszahl  $X_{Soll}$  beträgt für die so betrachteten Handlungsschritte 2,23607.

Tabelle 4.4: Bewertungskriterien der Handlungsschritte und deren ideale Bewertung

Handlungsschritt	Gestaltungsempfehlung	Soll
Auffinden der Funktion	Bilden der logischen Zuordnung der Funktionen	1
	Keine versteckten Funktionen	1
	Keine Doppelbelegung von Betätigungselementen	1
	Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen	1
	X1	4
Erkennen der Betätigungsart	Klare Produktsemantik der Betätigung	1
	Kontinuierliche Bedienprinzipien	1
	X2	2
Betätigung	Bediensicherheit	1
	Primäre Kompatibilität	1
	Sekundäre Kompatibilität	1
	X3	3
Erkennen der Betätigung	Deutliche Haptik, Akustik des Bedienelementes	1
	Visuelle Bestätigung über eine deutliche Anzeige	1
	X4	2
Erkennen der Funktionsausführung	Klare Anzeige des Funktionszustandes	1
	Bei Wartezeiten, Anzeige dass das System beschäftigt ist	1
	Reaktionszeiten innerhalb der Erwartung (100–200 ms)	1
	X5	3

**$X_{Soll}$  (Gesamt) 2,236**

## 5 Systemergonomie in der Gestaltung einer konventionellen Bedienoberfläche im Automobil

### 5.1 Systemergonomische Analyse eines Seriensystems

Mit Hilfe der Flussdiagrammtechnik und den Gestaltungsempfehlungen aus den Handlungsschritten soll nun ein im Serieneinsatz befindliches Bediensystem analysiert und den aus einem Fahrversuch gewonnenen subjektiven und objektiven Kriterien gegenübergestellt werden. Dem aus den Flussdiagrammen erhaltenen Soll-Informationsfluss soll der technische Ist-Ablauf der Funktionen gegenübergestellt werden. Die Fehler der Versuchspersonen sollen den Handlungsschritten zugeordnet werden, um so eine Diskrepanz der theoretischen Betrachtung mit den Fehlern und den jeweiligen Bewertungen der Versuchspersonen herausarbeiten zu können.

#### 5.1.1 Auswahl der Aufgaben

Um Vergleiche einer konventionellen Bedienoberfläche mit einem Bildschirmsystem durchführen zu können, sollen Aufgaben ausgewählt werden, die in beiden Systemen bedienbar sind. Aufgaben aus dem Navigationssystem eignen sich deshalb nicht. Zum einen sollten allgemein bekannte Aufgaben aus dem alltäglichen Gebrauch im Automobil ausgewählt werden, die in der Regel auch vom eigenen Fahrzeug bekannt sind. Zum anderen sollten komplexere Aufgaben, bestehend aus mehreren Bedienhandlungen, analysiert werden. Außerdem sollten Einstellvorgänge wie mehr/weniger-Einstellungen im Gegensatz zur Auswahl einer bestimmten Funktion aus mehreren Möglichkeiten beurteilt werden. Es sollten ähnliche oder vergleichbare Aufgaben mehrmals gestellt werden, um eine Aussage über den Lerneffekt der Versuchspersonen machen zu können. Als Aufgaben wurden deshalb folgende Aufgaben aus dem Bereich Audio und Heizungs- bzw. Klimaanlageinstellung ausgewählt – es handelt sich teilweise um Aufgaben bestehend aus einer Einzelhandlung, teilweise um aus mehreren Einzelhandlungen bestehende Bedienabläufe:

- Aufgabe 1) Einen bestimmten Sender einstellen
- Aufgabe 2) Auf Kassettenbetrieb umschalten
- Aufgabe 3) Klangeinstellung: Die Lautsprecher nach hinten stellen
- Aufgabe 4) Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen
- Aufgabe 5) Klima einstellen: Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen

#### 5.1.2 Systemergonomische Betrachtung der Aufgaben

*Bubb & Bolte (1988)* beschreiben die systemergonomische Betrachtung von Tempomatfunktionen und Radiofunktionen. Analog zu *Bubb & Bolte* sollten nun die vorher ausgewählten Aufgaben aus dem Audio- sowie Klimabereich analysiert werden. Diese Funktionen werden anschließend im Fahrversuch im Serienfahrzeug mit Probanden getestet. Im ersten Schritt sollen die ausgewählten Funktionen nach den Kriterien Führungsart, Dimensionalität, Aufgabenart und Darstellungsform beurteilt werden. Im nächsten Schritt sollen die Flussdiagramme für die ausgewählten Aufgaben dargestellt werden.

Bei sämtlichen ausgewählten Aufgaben handelt es sich bei der Führungsart um statische Funktionen, da der Nutzer jeweils frei entscheiden kann, wann er die Funktion betätigen will. Keine der Aufgaben, inklusive der Teilaufgaben, ist an ein enges zeitliches Fenster gebunden. Es handelt sich um eindimensionale Aufgaben mit der Dimension »Ein« oder »Aus« beziehungsweise einer Werteeinstellung. Da der Benutzer jeweils selbst die Funktion einleitet, handelt es sich bei allen Aufgaben um aktive Aufgaben. Der Nutzer vergleicht direkt den Grad der Aufgabenerfüllung mit der Aufgabenstellung. Dadurch sind sämtliche Aufgaben, inklusive der Teilaufgaben, Folgeaufgaben.

### Aufgabe 1) Einen bestimmten Sender einstellen

Die Aufgabe »Einen bestimmten Sender einstellen« ist eine eindimensionale Aufgabe, mit der Dimension »Senderfrequenz erhöhen bzw. erniedrigen«. Da der Benutzer aktiv die Umstellung des Senders einleitet, handelt es sich um eine aktive Aufgabe. Bei einer automatischen Sendersuche wie bei einem Scan-Durchlauf würde es sich um einen monitiven Prozess handeln, da hier der Nutzer nur eingreift, wenn die automatische Sendersuche abgebrochen oder verändert werden soll. Die Aufgabe »Sender einstellen« stellt eine zeitlich einteilige Aufgabe dar. Sämtliche mögliche Sender werden am besten parallel dargestellt, da zu jedem beliebigen Zeitpunkt jeder beliebige Sender gewünscht sein kann.

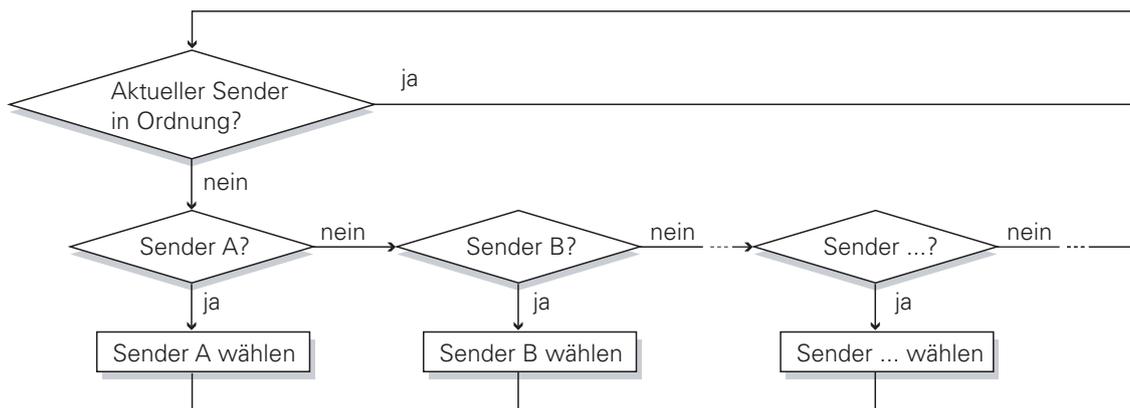


Abbildung 5.1: Flussdiagramm für die Aufgabe »Einen bestimmten Sender einstellen«

### Aufgabe 2) Auf Kassettenbetrieb umschalten

Bei der Aufgabe »Auf Kassettenbetrieb umschalten« handelt es sich um eine eindimensionale Aufgabe, mit der Dimension »Abspielmodus Ein und Aus«. Es bietet sich analog zur Funktion »Sender wechseln« an, die Wahlmöglichkeiten der Alternativen zum Radiobetrieb parallel darzustellen, da es sich nicht um eine zwangsläufig sequentielle Auswahl handelt, ob auf CD oder Kassette gewechselt werden soll, sondern die Alternativen gleichwertig sind. Nach der Entscheidung ist der Handlungsschritt der Auswahl der entsprechenden Quelle zu vollziehen.

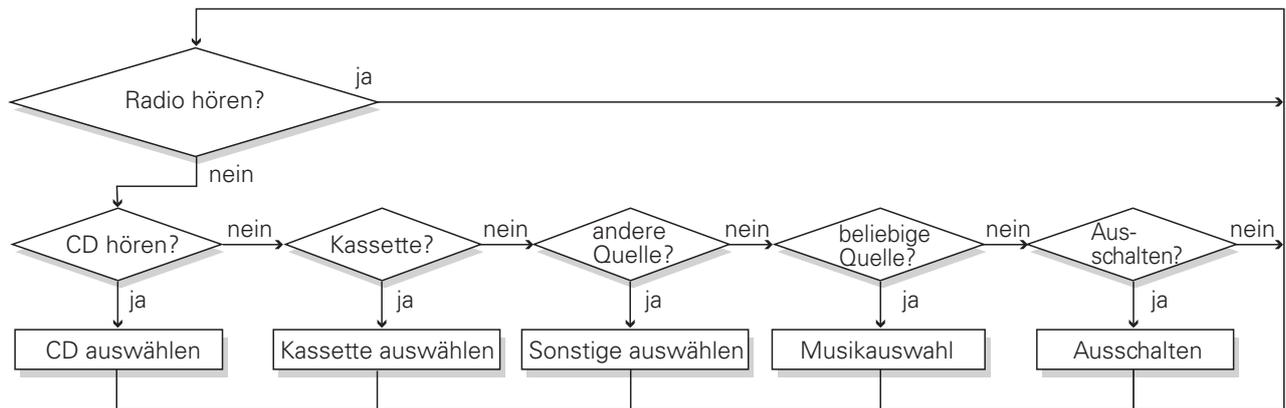


Abbildung 5.2: Flussdiagramm für die Aufgabe »Auf Kassettenbetrieb umschalten«

**Aufgabe 3)** Klangeinstellungen: Die Lautsprecher nach hinten stellen

Die Aufgabe »Lautsprecher einstellen« hat die Dimension »Vorne/Hinten«, bzw. »Links/ Rechts«. Die einzelnen möglichen Richtungen der Klangeinstellung (Vorne, Hinten, Links, Rechts) stellen parallele Aufgaben dar, da sie unabhängig voneinander sind.

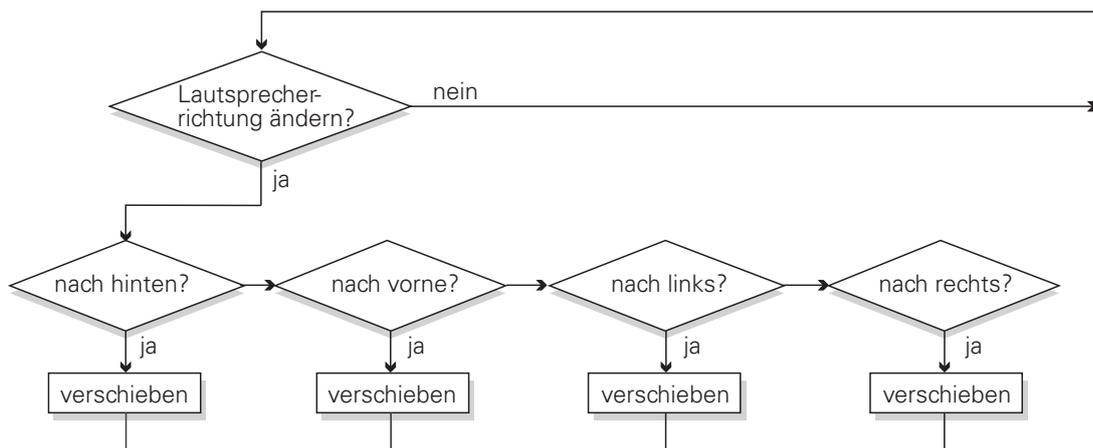


Abbildung 5.3: Flussdiagramm für die Aufgabe »Klangeinstellungen: Die Lautsprecher nach hinten stellen«

**Aufgabe 4)** Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmter CD einstellen

Bei dieser Aufgabe handelt es sich um drei eindimensionale Teilaufgaben, mit den Dimensionen »CD-Betrieb an/aus«, »CD-Nummer einstellen« und »Titel einstellen«. Bei den drei Teilaufgaben handelt es sich um sequentielle Aufgaben. Um die CD-Nummer auswählen zu können, muss erst, aus dem Kassettenbetrieb kommend, der CD-Betrieb aktiviert werden. Ebenso muss, um den gewünschten Titel auswählen zu können, erst die gewünschte CD eingelegt sein. Hier empfiehlt sich eine parallele Darstellung der einzelnen CDs, da es nicht zwangsläufig eine sequentielle Auswahl einer CD nach der anderen gibt.

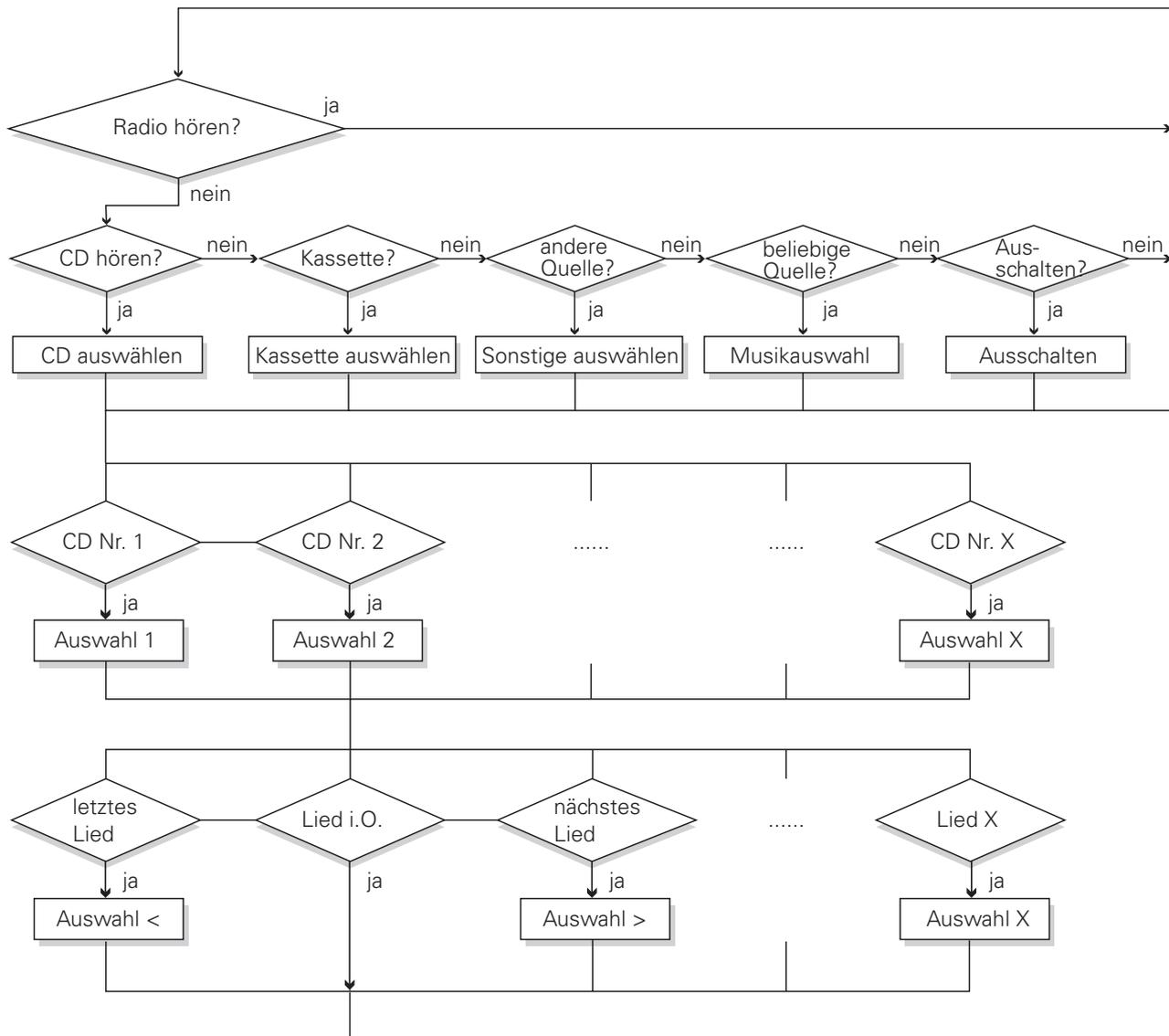


Abbildung 5.4: Flussdiagramm für die Aufgabe »Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen«

### **Aufgabe 5)** Klima einstellen: Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen

Bei der Änderung der Luftzufuhr im Kopfbereich handelt es sich um zwei eindimensionale Aufgaben mit den Dimensionen »Luftmenge mehr/weniger« und »Luftverteilung oben/unten«. Bei den Teilaufgaben »Luftverteilung« und »Luftmenge« handelt es sich um parallele Aufgaben. Es spielt keine Rolle, ob zuerst der Luftstrom und dann die Richtung eingestellt wird oder umgekehrt.

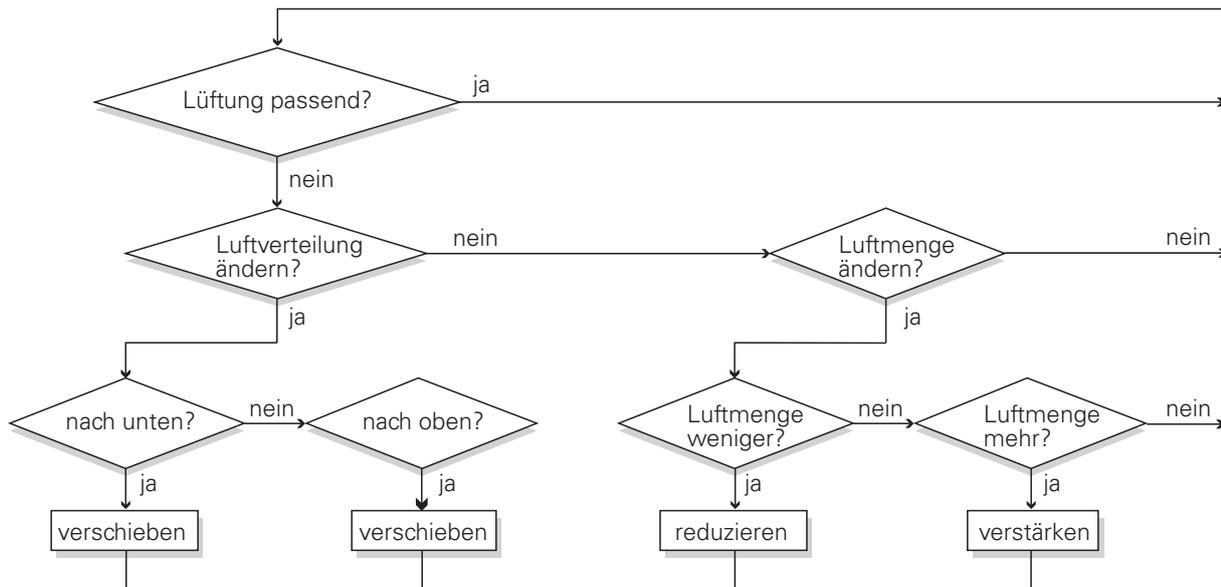


Abbildung 5.5: Flussdiagramm für die Aufgabe »Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen«

### 5.1.3 Technische Betrachtung

Im Gegensatz zur systemergonomischen Betrachtung steht der technische Ablauf der Funktionen. Bei der technischen Betrachtung der Benutzeroberfläche können drei Kriterien bewertet werden: Dies sind die Analyse der technischen Ausführung, des zeitlichen Ablaufs sowie die ergonomische Bewertung mittels eines Bewertungssystems, das nach Kapitel 4.4.2 so weit detailliert ist, dass sämtliche Fragestellungen mit einer einfachen »ja/nein«-Entscheidung beantwortet werden können. Um den technischen Ablauf der einzelnen Aufgaben genau zu bestimmen, wurde eine genaue Aufzeichnung der notwendigen Handlungsschritte, die für die einzelnen Aufgaben notwendig sind, durchgeführt. Im Idealfall stimmen diese Handlungen zeitlich in Abfolge und Betätigungsvorgang genau mit dem Flussdiagramm aus 5.1.2 überein. Der zeitliche Ablauf lässt sich aus der Darstellung des technischen Ablaufs ableiten. Als dritter Punkt soll die Qualitätszahl nach 4.4.2 bestimmt werden. Wird ein Kriterium nicht erfüllt, ist die Begründung im Text aufgeführt. In unserem Fall beträgt der Sollwert der Qualitätsbewertung nach 4.4.2  $X_{\text{soll}} = 2,23607$  für jede Einzelaufgabe. Die Berechnungstabelle für die Ist-Bewertungszahl zu jeder Aufgabe mit den individuellen Bewertungen der einzelnen Handlungsschritte ist dem Anhang III–1 zu entnehmen.

#### Aufgabe 1) Einen bestimmten Sender einstellen

Der Anwender hat die Möglichkeit, den Sender sowohl über die Suchlaufwippe als auch über eine gezielte Stationstaste zu wechseln. Nur wenn der gewünschte Sender nicht bei den angezeigten sechs Sendern aufgeführt wird, hat der Nutzer einen zusätzlichen Schritt auszuführen, nämlich die »Weiter«-Taste zu betätigen, um danach den gewünschten Sender auszuwählen. Abbildung 5.6 zeigt die notwendigen Bedienschritte im technischen Ablauf. Der zeitliche Ablauf der technischen Ausführung stimmt bei dieser Funktion mit dem Flussdiagramm überein. Die Betrachtung der ergonomischen Qualität sollte deshalb den Schwerpunkt auf die systemergonomische Betrachtung der Einzelaufgaben setzen. Es müssten seitens der Bedienung wenig Fehler gemacht werden, da technisches und Fluss-

diagramm-Modell übereinstimmen, so lange sich der gewünschte Sender unter den ersten sechs Sendern befindet. Der gewünschte Sender wurde im Versuchslayout so gewählt, dass er in den Versuchen immer unter den ersten sechs Sendern war, um für alle Versuchspersonen die gleichen Voraussetzungen zu erhalten.

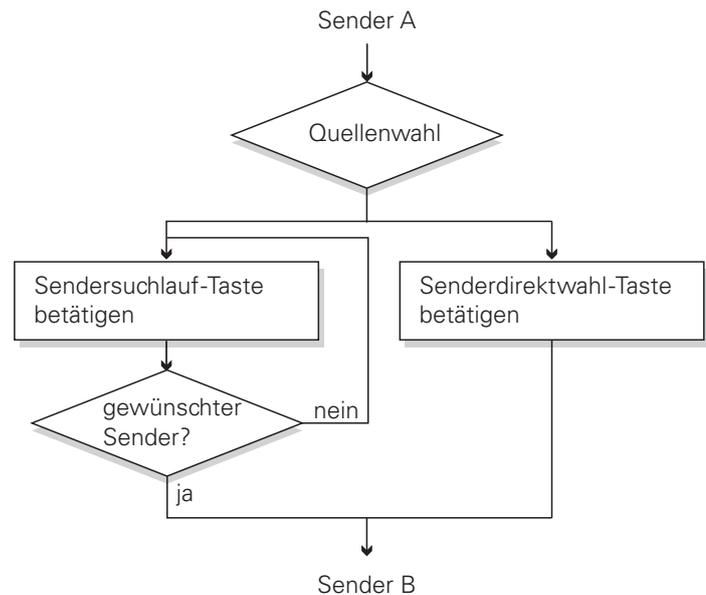


Abbildung 5.6:  
Technischer Ablauf der Aufgabe  
»Einen bestimmten Sender ein-  
stellen«

Da die Sender nur mit Drei-Buchstaben-Abkürzungen beschriftet sind, wird der Punkt »Eindeutige Kennzeichnung« in der Bewertung nur mit 0,5 bewertet. Der Punkt »Bediensicherheit« wird ebenso nur mit 0,5 bewertet, da die Wippe relativ klein ist und keine deutliche haptische Differenzierung zwischen der negativen und positiven Richtung aufweist. Es gibt keine visuelle Rückmeldung der Tastenbetätigung, da der Tastenweg nur 2 mm beträgt und gleichzeitig vom Finger verdeckt wird. Alle anderen Kriterien können bestätigt werden. Es ergibt sich somit ein Wert von  $Q_E = 0,86\%$ .

### Aufgabe 2) Auf Kassettenbetrieb umschalten

Um auf Kassettenbetrieb umzuschalten, ist die Taste »MODE« einmal zu betätigen. Alternativ dazu kann auch die Taste »AUDIO« betätigt werden. Da es sich um eine Toggle-Taste handelt, kann es sein, dass die vom Nutzer gewünschte Quelle nicht im direkten Zugriff ist, sondern dass er die Taste erneut betätigen muss, um zur gewünschten Quelle zu gelangen. Auch hier wurde das Versuchslayout jedoch so gewählt, dass die Versuchsperson bereits beim einmaligen Betätigen der Taste die gewünschte Quelle, im Falle der Aufgabe 2 den Kassettenbetrieb, auf Anhieb erhalten hat. Abbildung 5.7 zeigt den zeitlichen Ablauf der technischen Umsetzung. Der technische Ablauf entspricht nur dem Flussdiagramm, wenn die gewünschte Quelle beim einmaligen Betätigen der Taste angewählt wird. Da dies beim Versuch der Fall war, dürften die ergonomischen Schwachstellen also auch bei dieser Funktion nicht im zeitlichen Ablauf zu suchen sein.

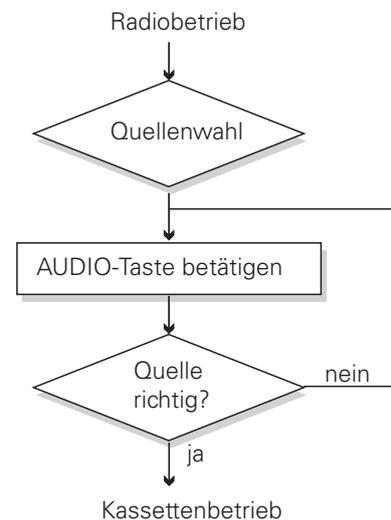


Abbildung 5.7:  
Technischer Ablauf der Aufgabe  
»Auf Kassettenbetrieb um-  
schalten«

Bei der Bewertung der Einzelaufgabe »Auf Kassettenbetrieb umschalten« kann die Beschriftung »MODE« als nicht eindeutig beurteilt werden. In der Einzelbewertung wurden die

Punkte »Bilden der logischen Zuordnung der Funktionen«, »Keine versteckten Funktionen«, »Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen«, »Kontinuierliche Bedienprinzipien«, sowie die Rückmeldung des Systems in der Reaktionszeit von  $< 100\text{--}200\text{ ms}$  schlechter bewertet. Es ergibt sich ein  $Q_E$ -Wert von 75,30 %.

### Aufgabe 3) Klang einstellen: Lautsprecher nach hinten stellen

Um die Lautsprecher nach hinten zu stellen, ist zunächst die Taste »FADER« zu betätigen. Im Display erscheint der Schriftzug »FADER«, sowie eine Balkengrafik mit der aktuellen Anzeige der Lautsprechereinstellung. Um die Einstellung zu verändern, muss die Taste » < m > « so oft gedrückt werden, bis die gewünschte Position erreicht ist. Eine direkte Anwahl der gewünschten Stellung ist nicht möglich, die Wippe muss hierzu mehrmals betätigt werden. Abbildung 5.8 zeigt den technischen Ablauf dieser Funktion. Im Gegensatz zu dem idealen Ablauf aus dem Flussdiagramm sind an Stelle von einem Betätigungsschritt zwei Schritte notwendig.

Die Bewertung der Einzelaufgabe »Lautsprecher nach hinten stellen« fällt folgendermaßen aus: Der Punkt »Keine Doppelbelegung der Taste« wird mit »0« bewertet, da die Wippe auch für manuelle Sendereinstellungen im Radio verwendet wird. Der Punkt »Klare Produktsemantik« wird nur mit »0,5« bewertet, da die Wippe keine deutliche Trennung zwischen positiver und negativer Richtung aufweist. Die primäre Kompatibilität wird ebenso mit »0« bewertet, da die Richtung nach hinten nur mit der linken Richtung dargestellt wird. Es ergibt sich somit ein Gesamtwert von  $Q_E = 84,49\%$ .

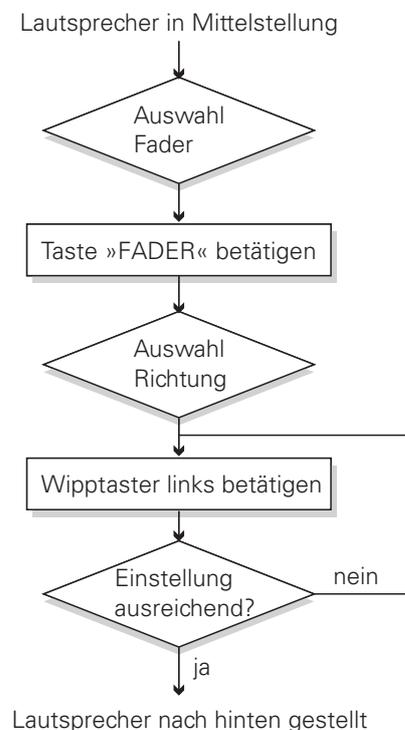


Abbildung 5.8:  
Technischer Ablauf der Aufgabe  
»Lautsprecher nach hinten  
stellen«

### Aufgabe 4) Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen

Die Aufgabe ist auch im technischen Ablauf dreigeteilt. Die Auswahl der CD erfolgt analog zur Umschaltung von Radio auf Kassette durch Betätigen der Taste »MODE«. Die Bewertung ist analog. Als zweiter Handlungsschritt ist die CD-Nummer zu wählen. Sämtliche CDs werden in der richtigen Reihenfolge parallel angezeigt. Auch hier stimmt also die zeitliche Ordnung mit dem Flussdiagramm überein. Als nächste Funktion ist der Titel auszuwählen. Hierzu muss die Suchlaufwippe so oft betätigt werden, bis der gewünschte Titel gespielt wird. Eine direkte Anwahl der gewünschten Stellung ist nicht möglich, die Wippe muss hierzu mehrmals betätigt werden. Abbildung 5.9 zeigt den technischen Ablauf. Der dreigeteilte sequentielle zeitliche Ablauf entspricht dem dreigeteilten Flussdiagramm. Die sequentiellen Aufgaben müssen auch technisch sequentiell erledigt werden. Bei der dritten Teilaufgabe, dem Titelsuchlauf, muss die Wippe für einen einzelnen Schritt, nämlich die gewünschte Nummer einzugeben, mehrmals betätigt werden. Es sind somit mehr Bedienschritte erforderlich, als eigentlich notwendig wären.

Die Einzelfunktion »Umschalten auf CD« wird analog zur Umschaltung auf Kassette bewertet. Der Wert  $Q_E$  beträgt  $Q_E = 75,30\%$ . Bei der Auswahl der Nummer der gewünschten CD stellt die Rückmeldung aufgrund der langen Systemreaktionszeiten ein Problem dar. Hier wird dem Nutzer auch keinerlei Hinweis gegeben, dass das System beschäftigt ist. Der Wert  $Q_E$  beträgt für die Einzelaufgabe »CD-Nummer auswählen« deshalb  $Q_E = 90,68\%$ . Bei der Titelwahl ist die dafür erforderliche Taste zum Weiterschalten der Titel doppelt belegt mit der Sendersuchlauf-taste. Sie erhält deshalb im Punkt »keine Doppelbelegung der Taste« keine positive Bewertung. Zudem erhält die Produktsemantik der Betätigung, analog zu Aufgabe 3, keine positive Bewertung. Bei der Rückmeldung muss ebenso aufgrund der langen Systemreaktionszeiten ohne Anzeigestatus negativ bewertet werden. Der  $Q_E$ -Wert für diese Teilaufgabe beträgt somit  $Q_E = 80,71\%$ . Der Qualitätswert für die gesamte Aufgabe beträgt  $Q_E = 82,47\%$ .

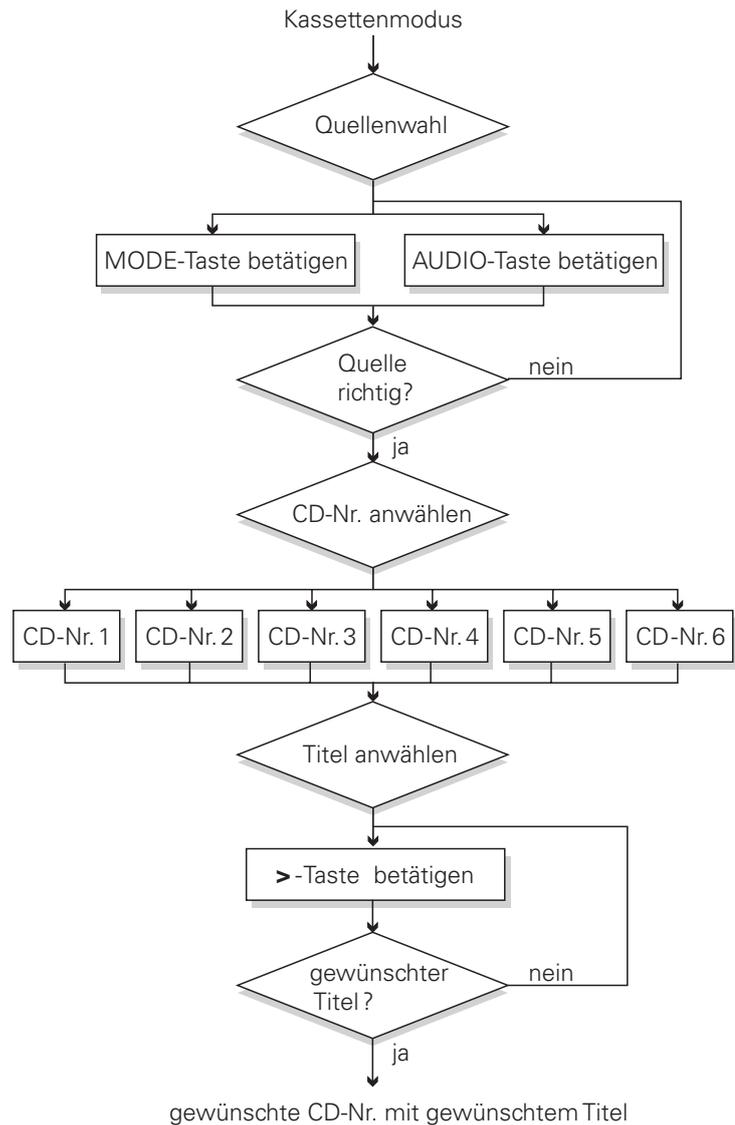


Abbildung 5.9: Technischer Ablauf der Aufgabe »Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen«

### Aufgabe 5) Klima einstellen: Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen

Wie aus Abbildung 5.13 hervorgeht, steht für die Funktionen »Luftverteilung« und »Luftmenge« jeweils ein großer Drehregler zur Verfügung. Um die Gebläseleistung zu erhöhen, muss der Luftmengenregler nach rechts gedreht werden, um die Luft nach oben zu führen der Luftverteilungsregler nach oben. Abbildung 5.10 zeigt dazu den technischen Ablauf. Wie im Flussdiagramm können beide Teilaufgaben auch real parallel abgearbeitet werden.

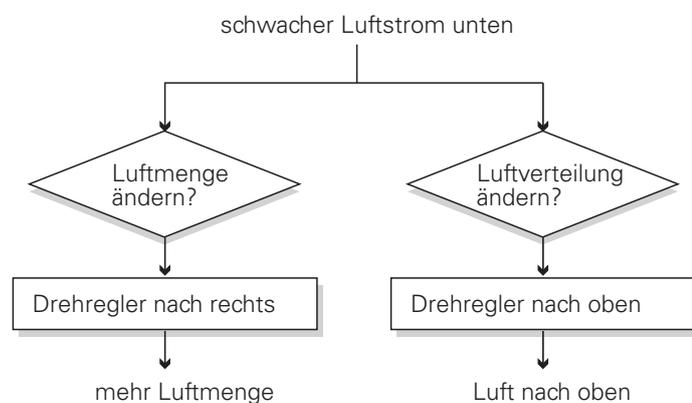


Abbildung 5.10: Technischer Ablauf der Aufgabe »Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen«

Sämtliche Einzelkriterien der Einzelaufgabe »Luftmenge erhöhen« können als erfüllt bewertet werden. Nur die langen Systemreaktionszeiten und die fehlende Rückmeldung über die passende Systemreaktion verhindern die volle Punktbewertung in der Kategorie »Rückmeldung«. Es ergibt sich ein  $Q_E$ -Wert von 90,68 %. Da bei der Bewertung der Einzelaufgabe »Luftverteilung verändern« eine analoge Ausführung zur Luftmenge vorliegt, kann die Bewertung analog übernommen werden. Der Wert  $Q_E$  beträgt  $Q_E = 90,68 \%$ . Es ergibt sich eine Gesamtbewertung der Aufgabe von  $Q_E = 90,68 \%$ .

Die so für die einzelnen Aufgaben errechneten Qualitätszahlen sollen im Anschluss mit den Ergebnissen aus den realen Versuchen verglichen werden, um eine Aussage über die Qualität des Bewertungssystems machen zu können. Die Bewertungstabellen und die daraus resultierenden Bewertungs- und Qualitätszahlen können dem Anhang III–1 entnommen werden.

## 5.2 Fahrversuch

### 5.2.1 Anforderung

Die vorher theoretisch betrachteten Aufgaben sollten nun in einem realen Fahrzeug von Versuchspersonen im Fahrbetrieb bearbeitet werden. Die dabei von den Probanden ausgeführten Fehler wurden dokumentiert und dann mit den theoretischen Ergebnissen verglichen. Die Fehler wurden jeweils den Teilaufgaben und deren Handlungsschritten zugeordnet und die Art der Fehler analysiert. Um möglichst realistische Verhältnisse zu erreichen, wurden die Versuche im Fahrbetrieb und nicht im Simulator durchgeführt. Zudem spielten Fahrgütemessungen, wie sie im Simulator sehr gut durchgeführt werden können, für die Aufgabenstellung weniger eine Rolle.

### 5.2.2 Versuchslayout

Die Versuchsreihe wurde mit einem Versuchsleiter durchgeführt. Der Versuchsleiter war auf dem rechten Rücksitz des Fahrzeugs platziert. Die Probanden sollten während einer ca. zweistündigen Testfahrt jene Aufgaben zur Audio- und Klimabedienung, die zuvor mit Hilfe der systemergonomischen Analyse betrachtet wurden, ausführen. Die Bearbeitung der Aufgaben wurde vom Versuchsleiter für die spätere Auswertung dokumentiert. Da es sich nicht um einen Vergleich mehrerer Systeme handelt, spielt die Anzahl der Versuchspersonen nur für die spätere statistische Auswertung eine Rolle. Da für bestimmte statistische Verfahren eine Mindestanzahl von 40 Personen relevant ist, wurde diese Zahl überschritten, um trotz evtl. auftretender Messfehler genügend Versuchspersonen zu erhalten. Da die Auswahl der Versuchspersonen auch nach anthropometrischen Gesichtspunkten aus der Versuchspersonen-Datenbank erfolgte, ist ein Einfluss der Geometrie und der Körperstatur der Versuchspersonen auf die Erledigung der Aufgaben somit auszuschließen.

Um ein möglichst großes Versuchspersonen-Kollektiv zu erreichen und aus organisatorischen Gründen wurden die Versuche im Zusammenhang mit der Versuchsreihe zum Fahrkomfort und Sitzkomfort auf längeren Strecken von *Estermann (1999)* durchgeführt.

Da bei der Versuchsreihe zum Fahrkomfort keinerlei zusätzliche Aufgaben seitens der Versuchspersonen zu bewältigen waren, ist davon auszugehen, dass beide Versuchsreihen unabhängig voneinander durchgeführt werden konnten.

### 5.2.2.1 Beschreibung des Versuchsfahrzeugs

Als Versuchsfahrzeug diente ein normales Serienfahrzeug der BMW 7er Baureihe vom Modell E38, Baujahr 1996 mit einem Multiinformationsdisplay und einer Klimaanlage ohne Automatikfunktion. Die Benutzeroberflächen wurden gegenüber der Serienlösung nicht modifiziert. Im Versuchsfahrzeug wurde eine Hi8-Kamera zur Erfassung der Aktion der Versuchsperson installiert. Die Kamera wurde hinter dem rechten Fondsitz platziert, da so ein vollständiges Bild sowohl der Versuchsperson als auch der Mittelkonsole mit den Bedienteilen und Anzeigen, die zur Aufgabenbewältigung notwendig waren, mit einer einzigen Kamera erfasst werden konnten. Die Kamera ermöglicht so, die Reaktionen des Systems bei Fehlbetätigungen der Versuchspersonen genau zu dokumentieren. Etwaige Fehler bei der Ausführung der Aufgaben wurden mit dem entsprechenden Time-Code registriert und die Versuchspersonen anschließend nach dem Grund des Fehlers befragt. Die Begründungen für die Fehler wurden darüber hinaus vom Versuchsleiter stichwortartig protokolliert. Der jeweilige Time-Code der Videokamera wurde vom Versuchsleiter auf dem Versuchsbelegbogen erfasst.

### 5.2.2.2 Beschreibung der Bedienoberfläche

#### Audiosystem

Im Versuchsfahrzeug ist ein Audio- bzw. Bordcomputersystem mit einem sogenannten Multiinformationsdisplay (MID) eingebaut. Dieses System besteht im wesentlichen zum einen aus konventionellen Tasten, zum anderen aus einer Leiste von zehn Softkeytasten. Dies sind Tasten, die selber keine Beschriftung bzw. Symbolik aufweisen, sondern über ein darüber angebrachtes Display je nach Funktionsanwahl unterschiedlich beschriftet werden. Dabei wird jede Taste mit maximal drei Buchstaben in Großschreibung beschriftet. Die Tasten sind als Wipptasten ausgeführt, bei denen bei voller Belegung der Funktionen jeweils zwei Funktionen über eine gemeinsame Taste betätigt werden. Sind nicht alle Funktionen belegt, wird nur eine Funktion über eine Wipptaste betätigt. In diesem Fall kann der Nutzer also sowohl die linke als auch rechte Hälfte der Wippe betätigen. Die Wipptasten weisen einen Betätigungsweg von 2mm auf. Über eine zweite Bedienebene, die hinter einer Klappe angebracht ist, werden Funktionen, die weniger häufig benötigt werden, wie z.B. Klangeinstellungen, über konventionelle Tasten betätigt. Die Anzeige der Klangeinstellung erfolgt durch ein separates kleineres Display, das ebenfalls unter der Abdeckung angebracht ist. Zusätzlich weist das Bedienteil einen größeren Status-Bereich im Display auf, der zum Beispiel den aktuellen Radiosender in einer größeren Schrift darstellt. Abbildung 5.10 zeigt das Audiobedienteil des Versuchsfahrzeugs im Radio-Betrieb. Auf der linken Seite sind die Hauptfunktionen als konventionelle Bedienelemente dargestellt. Ein Drehknopf dient zur Betätigung der Lautstärke des Geräts. Bei Druck auf denselben Knopf wird das Gerät ein- bzw. ausgeschaltet. Über eine Wipptaste wird die Funktion Sendersuchlauf bzw. nächster Titel sowie Vor- und Rücklauf im Kassetten- oder CD-Betrieb realisiert. Auf der rechten Seite des Displays sind die Funktionen Audiums- und Bordcomputer und eine Uhrtaste angeordnet. Diese Tasten bewirken eine Umschaltung des Menüs in der

Softkeyleiste mit einer entsprechenden Änderung der Anzeige im Status-Display. Dabei bewirkt die Funktion Audio ein Umschalten von Bordcomputer bzw. Uhrzeit-Menü auf das Radio-, Kassetten- und CD-Menü, die Bordcomputer-Taste ein Umschalten auf die Bordcomputer-Funktionen und die Uhrstaste ein Umschalten auf das Uhrzeit Menü, in dem z.B. die Uhrzeiteinstellungen und Alarmeinstellungen vorgenommen werden können bzw. das Datum angezeigt wird. Im Audiomenü erfolgt innerhalb der Softkeyleiste des jeweiligen Menüs eine weitere Verzweigung in die Menüs Radio, CD oder Kassettenbetrieb. Die variable Tastenbeschriftung der Softkeyleiste ändert sich je nachdem, welches Menü mit den Menütasten rechts des Displays ausgewählt wurde. Die Softkeys beinhalten im Radiobetrieb in der Reihenfolge von links nach rechts folgende Funktionen: 6 Stations-tasten; die Umschaltfunktion von Lang- auf Kurzwelle (AM/FM) auf einer Wippe; die RDS-Funktion (das Radio sucht hierbei automatisch die Frequenz mit dem besten Empfang für den eingestellten Sender, kombiniert mit einer Anzeige des Sendernamens); die Verkehrsfunktion (Traffic-Pilot, »TP«) sowie die Tasten »CD« und »TAPE«, mit denen auf CD-Betrieb oder Kassetten-Betrieb umgeschaltet wird. Die Funktionen der Klangeinstellungen werden durch Anwahl der jeweiligen Taste »BASS« bzw. »FADER« (Richtungseinstellung vorne/hinten), »BALANCE« (Richtungseinstellung links/rechts) sowie »TREBLE« (Höhen) betätigt. Im Anschluss an die Anwahl wird über eine separate Plus-Minus-Wippe mit zusätzlicher Anzeige in einem eigenen Display die Klangfunktion eingestellt. Zusätzlich ist eine Taste »LIN« (Linear) angebracht, die sämtliche Klangfunktionen auf die Mitteleinstellung bzw. Werkseinstellungen zurücksetzt. In dem Bereich der Klangeinstellungen, der sich unter einer wegklappbaren Abdeckung befindet, sind ebenfalls der Kassettenschacht sowie die dazugehörige Auswurf-taste (Eject) und die Kassettenfunktion »SB« (Skip-Blank), bei der automatisch Leerstellen auf der Kassette übersprungen werden, angeordnet.



Abbildung 5.10:  
Audiobedienelement des  
Versuchsfahrzeugs im  
Radio-Betrieb

Im CD-Menü können die Nummern der CD 1–6 des CD-Wechslers, der sich im Kofferraum befindet, angewählt werden. Die Funktion »Random-Play« (RND) spielt nach dem Zufallsprinzip die Lieder auf sämtlichen eingelegten CDs ab. Die Funktion »Scan« spielt nacheinander die Anfänge der Titel der CD an. Durch erneutes Drücken der Taste bleibt das gerade angespielte Lied. Mit den Tasten »FM« und »Tape« kann in das entsprechende Menü gewechselt werden und das Audiosystem ändert seine Quelle je nach Anwahl. In der Abbildung 5.11 ist das Bedienelement im CD-Betrieb dargestellt.

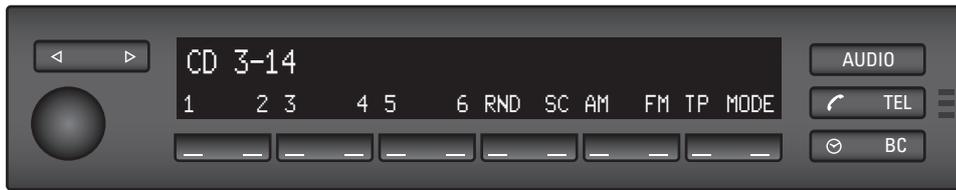


Abbildung 5.11:  
Audiobedienteil des  
Versuchsfahrzeugs im  
CD-Betrieb

Im Kassettenbetrieb kann die Funktion »Rauschunterdrückung« Dolby B und C angewählt werden, die Seite der Kassette (Spurwahl, Seite 1 oder Seite 2) sowie analog zu den Menüs Radio und CD die jeweils beiden anderen Audioquellen, im Fall des Kassetten-Betriebs also Radio (FM bzw. AM, je nach zuletzt gespieltem Sender) bzw. CD. Abbildung 5.12 zeigt das Bedienteil im Kassetten-Betrieb.

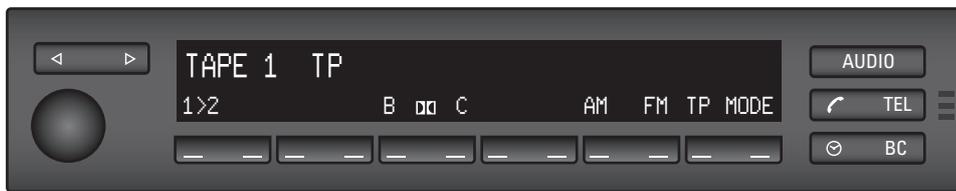


Abbildung 5.12:  
Audiobedienteil des  
Versuchsfahrzeugs im  
Kassetten-Betrieb

### Heizungs- und Klimabedienteil

Das Heizungs- und Klimabedienteil des Versuchsfahrzeugs besteht aus vier Drehreglern zur getrennten Einstellung der Temperaturen für Fahrer und Beifahrer, der Luftmengen-einstellung sowie der Luftverteilung. Zusätzlich verfügt das Klimabedienteil über drei nicht rastende Taster mit einer LED-Funktionsanzeige für die Funktionen, Heckscheibenheizung, Klimakompressor und Umluft. Das Klimabedienteil ist komplett autark von dem Audiosystem bedienbar. Abbildung 5.13 zeigt das Klimabedienteil.

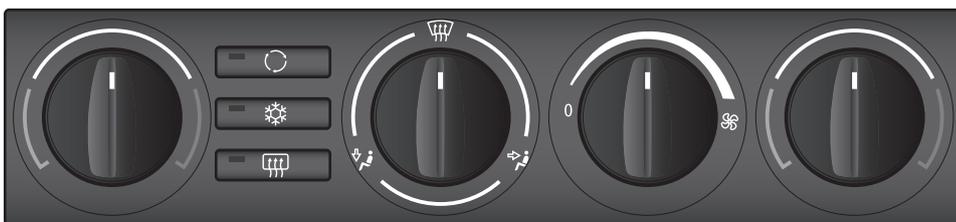


Abbildung 5.13:  
Klimabedienteil des  
Versuchsfahrzeugs

## 5.2.3 Versuchsdurchführung

### 5.2.3.1 Auswahl der Versuchspersonen

Zur Auswahl von Versuchspersonen steht bei der BMW Group eine Versuchspersonen-Datenbank zur Verfügung. In der Datenbank werden die Versuchspersonen nach anthropometrischen Daten geführt. Über die Körpergröße hinaus sind die Personen mit einem Videosystem vermessen, d.h. es kann auf sämtliche Körperdaten wie Stammlänge, Körper-Umfang usw. zugegriffen werden. Zusätzlich werden die Hände der Versuchspersonen mit Hilfe von Schablonen nach Größen in Klassen eingeteilt. (> 5. Perz., >50. Perz., >95. Perz. jeweils männlich bzw. weiblich, wobei nach *Flügel et al. (1986)* angenommen wird, dass das 50. Perzentil männlich dem 95. Perzentil weiblich entspricht). Zudem werden zur Erfassung

in der Datenbank persönliche Erfahrungen, sowohl im Umgang mit dem Automobil als auch mit technischen Geräten im allgemeinen, registriert. Es kann so auf eine gezielte Personengruppe für bestimmte Versuche zurückgegriffen werden. Zudem sind Erfahrungen von Versuchspersonen im Umgang mit technischen Geräten und ihrer Erfahrung in der Benutzung von Fahrzeugbedienoberflächen registriert. Da beim Versuch ein möglichst großes gemischtes Kollektiv erfasst werden sollte, wurden 51 Personen möglichst gleichmäßig aus den unterschiedlichen Gruppen der erfassten Kategorien rekrutiert.

### 5.2.3.2 Versuchsdauer

Ein Versuch pro Person dauerte ungefähr zwei Stunden. Die Versuche wurden wochentags durchgeführt.

### 5.2.3.3 Versuchsstrecke

Die Versuchsstrecke wurde vor dem Versuch exakt festgelegt und umfasst eine Streckenlänge von 182,5 km. Dabei war die Strecke aufgeteilt in einen Autobahnanteil mit zwei- und dreispuriger Fahrbahn von 75 %, dem entsprechen 136,9 km, 17,7 % Land- und Bundesstraßenanteil (32,3 km) sowie 7,3 % innerstädtisch (13,3 km). Dies entspricht nach *Estermann (1999)* einem für ein Fahrzeug der Oberklasse typischen Streckenprofil.

### 5.2.3.4 Versuchsablauf

Vor Beginn der Aufgaben sollten die Versuchspersonen die einzelnen Funktionsblöcke Radio, Kassettenbetrieb, CD-Betrieb, Bordcomputer und Heizungs- bzw. Klimabetätigung ohne Mithilfe des Versuchsleiters auf den ersten Blick nach unbekanntem Funktionen bzw. unbekanntem Tastenkennzeichnungen untersuchen. Die für die Versuchspersonen nicht bekannten Funktionen bzw. Anzeigen oder Bedienelemente wurden vom Versuchsleiter mit Hilfe einer Abbildung des Gerätes auf dem Versuchsbegleitbogen dokumentiert. Die Aufgaben selbst wurden den Versuchspersonen in einer festen Reihenfolge während der Fahrt vom Versuchsleiter in vorher festgelegten Zeitabständen und entsprechenden Streckenabschnitten gestellt. So konnte sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen annähernd gleiche Bedingungen für die selben Aufgaben bezüglich der Fahrstrecke hatten. Die Reihenfolge der Aufgaben spielt insofern eine Rolle, da abhängig davon, in welchem Modus sich das Audiosystem befindet (Radio, Kassetten oder CD), unterschiedlich viele Bedienschritte zu bewältigen sind. Zwischen den Aufgaben wurde den Versuchspersonen genügend Zeit gelassen, damit die Versuchspersonen nicht das Gefühl hatten, durch die Aufgaben überlastet zu sein. Besonderheiten während des Versuchs sowie Fahrgütekriterien, wie z.B. ein Geschwindigkeitsabfall größer als zehn Stundenkilometer oder, falls aufgetreten, auffallende Lenkkorrekturen der Versuchspersonen, wurden vom Versuchsleiter auf dem Versuchsbegleitbogen dokumentiert. Im Falle von Unklarheiten bei der Auswertung wurde das Video zur späteren Auswertung mit herangezogen. Zudem wurden die Versuchspersonen gebeten, ihre Betätigungsschritte bzw. Absichten jeweils zu beschreiben, um später evtl. wieder auf das Videoband als Auswertewerkzeug zurückgreifen zu können. Falls es die Verkehrssituation nicht zulässt, sollten die Versuchspersonen die Aufgabe abbrechen und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufnehmen. Aus diesem Grund wurde auch darauf verzichtet, die tatsächliche Zeit zu erfassen, die die Versuchspersonen zur Bewältigung einer Aufgabe benötigten.

Die Versuchspersonen hatten zunächst allgemeine Fragen zur Vorkenntnis und zu Bedienungsgewohnheiten im eigenen, bzw. in dem von ihnen am häufigsten verwendeten Fahrzeug zu beantworten. Zusätzlich wurde analog zu *Deubzer (1995)* die Einteilung von Radiofunktionen in ihrer Wichtigkeit und Verwendungshäufigkeit abgefragt. Als Bewertungsskala wurde nun in ein Schema von jeweils »1« (sehr wichtig, bzw. sehr häufige Verwendung) bis »6« (überhaupt nicht wichtig bzw. äußerst seltene Verwendung) eingeteilt. Die einzelnen Funktionen wurden vom Versuchsleiter nacheinander abgefragt und sollten von den Versuchspersonen im freien Interview nach dem Notensystem bewertet werden. Zum Abschluss der Fahrt sollten die Versuchspersonen noch Fragen zum subjektiven Empfinden der Bedienoberflächen und zu einer Gesamtbewertung beantworten.

Zur Auswertung und Dokumentation der Versuche wurde ein Versuchsbegleitbogen entworfen, der sowohl die Fragestellungen und Aufgabenstellungen enthält, als auch die Dokumentationen des Versuchsleiters bei den durchgeführten Aufgaben aufnimmt. Der entsprechende Versuchsbegleitbogen ist dem Anhang III–2 zu entnehmen.

## 5.2.4 Ergebnisse

### 5.2.4.1 Versuchspersonen und allgemeine Fragen

Das Durchschnittsalter der Versuchspersonen liegt bei 39,8 Jahren, der jüngste Teilnehmer ist 22, der älteste 59 Jahre alt. Der Anteil an Frauen bei dem Versuch betrug 21 Prozent. Das Altersprofil der Versuchspersonen ist Abbildung 5.14 zu entnehmen.

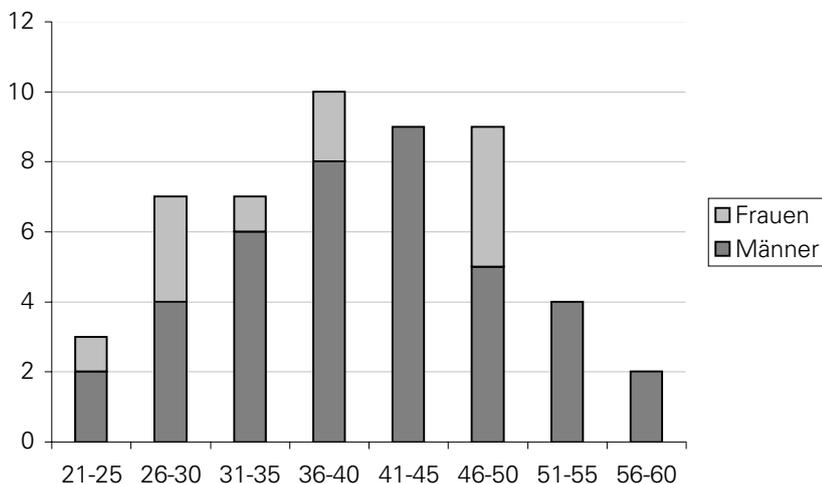


Abbildung 5.14:  
Alter der Versuchspersonen

An der Versuchsreihe zum Sitzkomfort (*Estermann, 1999*) nahmen insgesamt 51 Versuchspersonen teil, von denen aus organisatorischen Gründen jedoch nicht alle die Aufgabenstellungen für die systemergonomische Studie bewältigen konnten. Deshalb konnten zur endgültigen Auswertung nur 41 Versuchspersonen verwendet werden. Die Versuchspersonen besitzen ihre Fahrerlaubnis im Durchschnitt 21 Jahre, das Minimum beträgt vier Jahre, das Maximum 37 Jahre. Die Kilometerleistung der Versuchspersonen pro Jahr liegt bei ca. 16.000 Kilometern und repräsentiert damit den Bundesdurchschnitt. Über 50 Prozent legen eine Jahreskilometerleistung von mehr als 20.000 Kilometern zurück. 66 Prozent der

Probanden benutzen häufig ein fremdes Kraftfahrzeug. 72 Prozent steuern täglich ein Auto, 24 Prozent mehrmals in der Woche und nur vier Prozent eher selten. Bis auf zwei Versuchspersonen besitzen alle Versuchspersonen mindestens ein eigenes Fahrzeug. Der Anteil von eigenen Fahrzeugen mit Automatikgetriebe beträgt 19 Prozent. Zehn Versuchspersonen hatten bereits Erfahrung mit einem Bordmonitorsystem.

Die Versuchspersonen wurden zunächst befragt, ob sie sich in Bezug auf Bedienung im Fahrzeug eher als geübte oder ungeübte Nutzer einstufen würden. Von den 41 ausgewerteten Versuchspersonen stufen sich selbst 26 als Geübte ein, sieben als Laien und acht Versuchspersonen sehen sich zwischen den beiden Gruppen. Diese Information wurden erfasst, um festzustellen, welche Personengruppe welche Art von Fehlern macht. Auf die Frage, welche Audiofunktionen die Versuchspersonen häufig verwenden (mehrere Antworten waren möglich), gaben 35 Versuchspersonen den Kassetten- bzw. den CD-Betrieb an. 25 Versuchspersonen nutzen die Stationstasten des Radios, sieben die Suchlaufwippe. Zehn Versuchspersonen nannten die Klang-Einstellfunktionen und zwei Versuchspersonen die Verkehrsfunkfunktion. Im ersten Schritt des Versuchs sollten die Versuchspersonen die ihnen unbekannt Funktionen bzw. Bedienteile auf dem Audiobedienteil benennen. Abbildung 5.15 zeigt die Häufigkeit der Nennung für die jeweilige Funktion. Analog dazu zeigen Abbildung 5.16 und Abbildung 5.17 die Häufigkeiten der Nennungen für unbekannte Funktionen im Kassetten- bzw. CD-Modus.

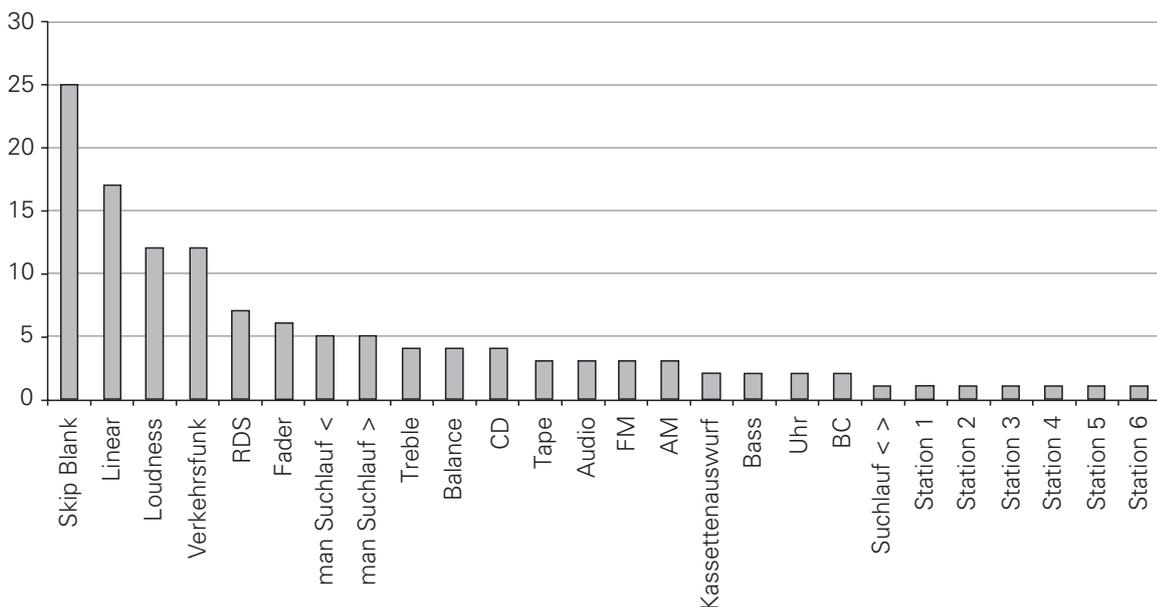


Abbildung 5.15: Anzahl der Nennungen von unbekannt Funktionen im Betriebsmodus »Radio«

Vor allem Funktionen, die auf den Bedienfeldern zum Teil nur mit englischsprachigen Abkürzungen gekennzeichnet sind, werden von deutlich weniger Versuchspersonen erkannt. Stationstasten und Senderwahl werden von den meisten Versuchspersonen sofort erkannt. Die häufigsten Probleme treten bei Einstellfunktionen, vor allem im Kassettenenteil, auf. Es lässt sich daraus ableiten, dass eine eindeutige Kennzeichnung der Tasten zu einer deutlichen Verbesserung des Bedienteils beitragen würde.

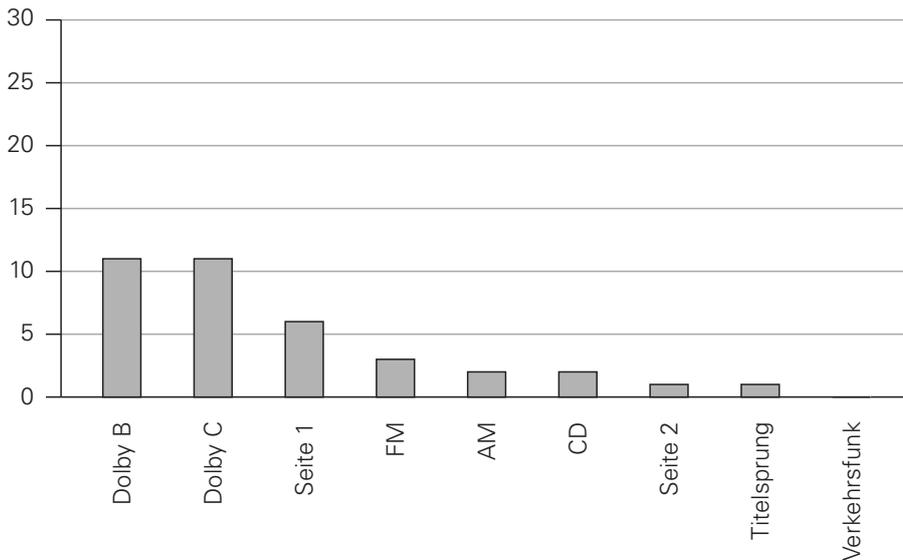


Abbildung 5.16: Anzahl der Nennungen von unbekanntem Funktionen im Betriebsmodus »Kassette«

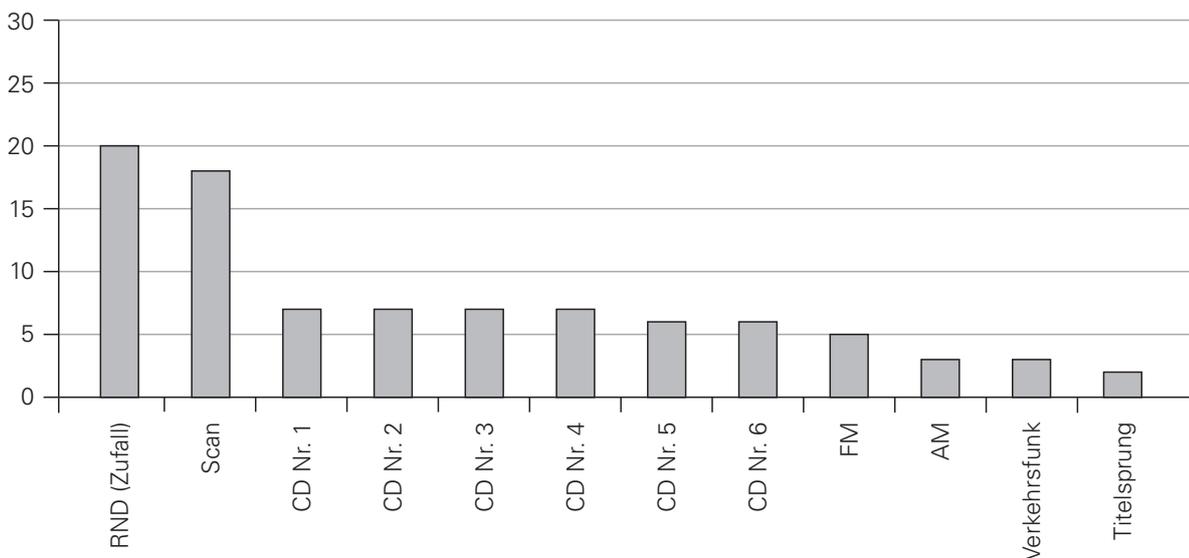


Abbildung 5.17: Anzahl der Nennungen von unbekanntem Funktionen im Betriebsmodus »CD«

Im nächsten Schritt sollten die Probanden vom Versuchsleiter genannte Audiofunktionen nach ihrer Wichtigkeit und der Häufigkeit ihrer Nutzung bewerten. Abbildung 5.18 zeigt die Zuordnung der Aussagen zu den Kategorien Wichtigkeit und Häufigkeit von Radio- und Kassettensystemfunktionen. Anhand dieser Befragung lässt sich später für eine Neugestaltung eine Priorisierung der einzelnen Funktionen durchführen.

Dabei wurde das Schulnotenprinzip von eins (wichtig, häufige Nutzung) bis sechs (unwichtig, seltene Verwendung) angewandt, weil diese Art der Einteilung leicht während der Fahrt abzufragen war. Die durchschnittliche Bewertung aller Versuchspersonen für jede Funktion wurde so in den entsprechenden Feldern aufgetragen und die Funktionen nach Häufigkeit der Verwendung sortiert. Die Versuchspersonen priorisieren sowohl in der Wichtigkeit als auch in der Häufigkeit der Nutzung vor allem Funktionen, die den Inhalt des Audiosystems betreffen, wie Senderwahl, Titelwahl oder die Wahl der Audioquelle. Bei diesen Funktionen

streuen die Aussagen der verschiedenen Versuchspersonen weniger (Standardabweichung < 1), während bei Einstellfunktionen die Bewertung der Probanden aufgrund von individuellen Vorlieben oder unterschiedlicher Sensibilität der Probanden stärker differiert (die Standardabweichung ist deutlich größer 1). Dies ist auch mit der Grund, weshalb sich die Einstellfunktionen meistens im Mittelfeld der durchschnittlichen Bewertung einpendeln. Einen Sonderfall bezüglich der Bewertung Wichtigkeit und Häufigkeit der Verwendung nimmt die Funktion »Sender speichern« ein, die von den Versuchspersonen als wichtig erachtet wird (Mittelwert 1,34, Stabw. 0,973), aber nur sehr selten benutzt wird (Mittelwert 4,58, Stabw. 0,879). Bei den restlichen Funktionen ist mehr Ähnlichkeit zwischen Wichtigkeit und Häufigkeit zu beobachten (Korrelationskoeffizient: 0,4585). Hohe Priorität wird Funktionen eingestanden, die den Audioinhalt betreffen, z. B. Senderwahl, Quellenwechsel sowie der Verkehrsfunkfunktion. Der Bereich der Einstellungen wird eher im mittleren Bereich der Wichtigkeiten und Häufigkeiten gesehen, hier streuen aber auch die Aussagen der Versuchspersonen viel stärker als bei den Audioinhalten.

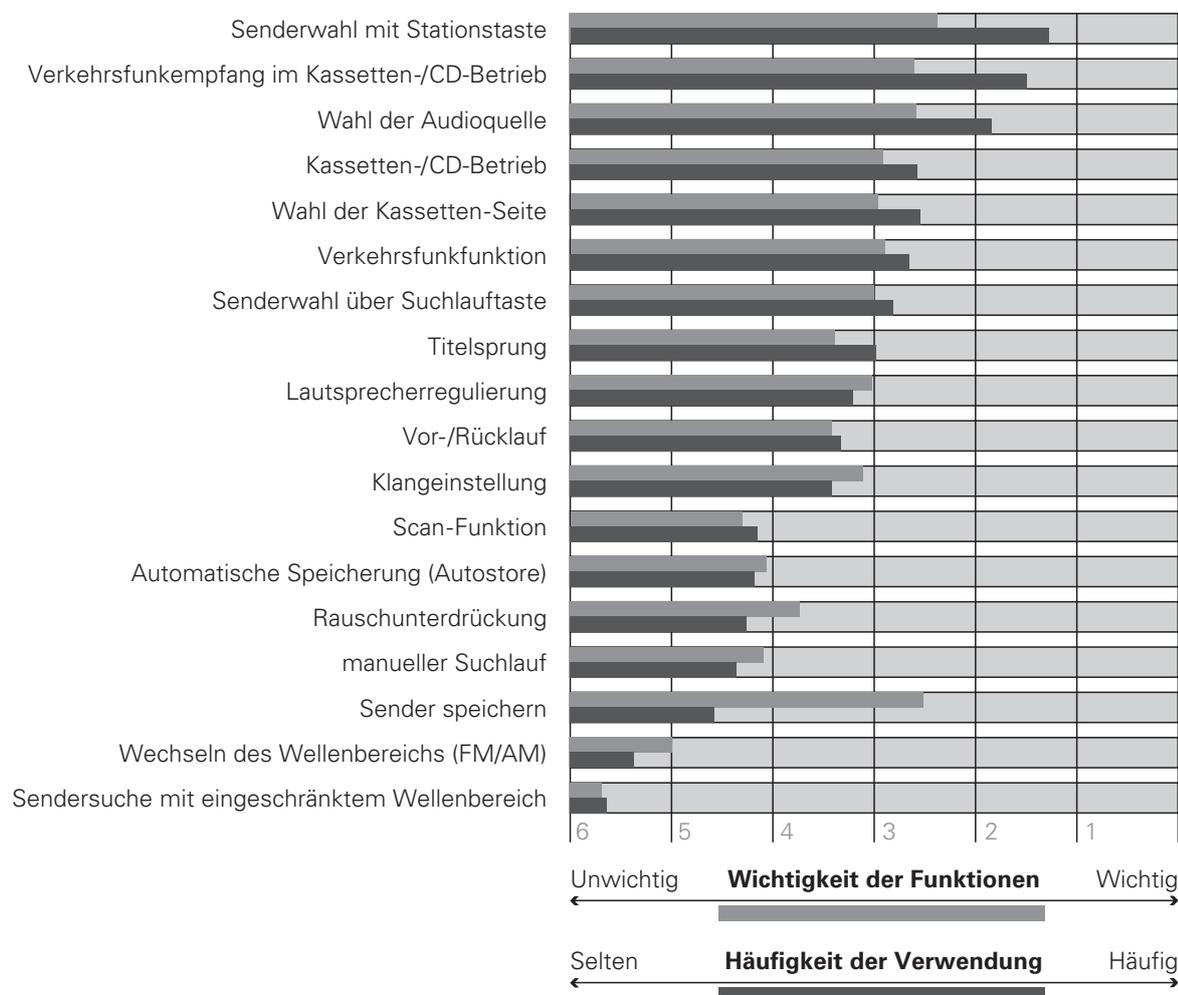


Abbildung 5.18: Zuordnung der Kategorien Wichtigkeit und Häufigkeit zu Radio- und Kassettenfunktionen

### 5.2.4.2 Fehlermessung

Jede Aufgabe, die ohne Hilfe des Versuchsleiters und auf Anhieb richtig gelöst wurde, wurde als richtig gewertet. Wurde eine Fehlbetätigung durchgeführt, die Aufgabe aber trotzdem richtig zu Ende gebracht, wurde die Aufgabe als falsch gewertet. Im Falle einer Fehlbetätigung wurde registriert, in welcher Teilaufgabe der Fehler begangen wurde. Die Fehler wurden in der detaillierten Betrachtung den einzelnen Handlungsschritten zugeordnet (siehe Tabelle 5.1 bis 5.5), um sie mit den vorher ermittelten Qualitätszahlen vergleichen zu können.

#### **Aufgabe 1)** Einen bestimmten Sender einstellen

Die Aufgabe wurde von 39 von insgesamt 41 Versuchspersonen auf Anhieb richtig gelöst. Sämtliche Versuchspersonen wählten die direkte Auswahl des Senders über die Stations-taste mit der entsprechenden Senderanzeige. Dies entspricht einer Quote der richtig gelösten Aufgabe von 95,12 %. Von den zwei Fehlern, die insgesamt gemacht wurden, entfällt ein Fehler auf den Handlungsschritt »Erkennen des Betätigungsorts« und zwar auf das nicht Erkennen der Taste. Ein Fehler ist bei der Betätigung selbst aufgetreten, die Versuchsperson hatte die Taste zu oft betätigt.

Tabelle 5.1: Detaillierte Fehlerbetrachtung der Aufgabe 1

<b>Aufgabe 1</b>		<b>Einen bestimmten Radiosender einstellen</b>
	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* Taste nicht gefunden/erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsche Taste betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

#### **Aufgabe 2)** Auf Kassette umschalten

Der Moduswechsel von Radio auf Kassette konnte von 34 Versuchspersonen richtig gelöst werden. Dies entspricht einer Quote von 82,93 %.

Tabelle 5.2: Detaillierte Fehlerbetrachtung der Aufgabe 2

<b>Aufgabe 2</b>		<b>Auf Kassettenbetrieb umstellen</b>
	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 7</b>
	Auffinden der Funktion	4* Taste nicht gefunden/erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	2* nicht erkannt
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	1* Rückmeldung zu langsam
	Rückm. der Funktionserledigung	0

Bei der Umschaltung auf den Kassettenmodus wurde viermal der Betätigungsort nicht erkannt, zwei Versuchspersonen konnten die Betätigungsart, nämlich das Durchtoggeln mehrerer Funktionen mit einer einzigen Taste »MODE«, nicht erkennen. Eine Person machte einen Fehler aufgrund der langen Systemreaktionszeit beim Abspielen des Kassettenbandes.

**Aufgabe 3)** Klang einstellen: Lautsprecher nach hinten stellen

Die Gesamtaufgabe der Lautsprechereinstellung wurde von 25 Versuchspersonen, dies entspricht einem Anteil von 60,98 %, richtig gelöst. Betrachtet man die technisch notwendigen Einzelaufgaben, entfallen 31 richtige Betätigungen auf die Auswahl der »Fader auswählen«-Funktion (75,61 %) und 39 richtige (95,12 %) auf die Einstellung nach hinten. Die Teilaufgabe »Taste Fader betätigen« wurde von 10 Versuchspersonen nicht richtig durchgeführt. Davon erkannten fünf Versuchspersonen die Taste nicht richtig, während vier Versuchspersonen den Bereich der Klangeinstellungen, die auf dem Bedienteil weiter oben platziert ist (siehe Abbildung 5.10), nicht erkannt haben. Hier stellt sich vor allem bei der Kennzeichnung ein Problem mit der englischen Bezeichnung »Fader«. Eine Versuchsperson drückte die Taste bei der Betätigung nicht fest genug, wodurch die Systemreaktion ausblieb. Bei der Teilaufgabe »Lautsprecher einstellen« wurde zweimal der Betätigungsort nicht gefunden, einmal wurde die Taste mit einer anderen Taste verwechselt.

Tabelle 5.3: Detaillierte Fehlerbetrachtung der Aufgabe 3

<b>Aufgabe 3</b>		<b>Lautsprecher nach hinten stellen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 10</b>
Taste »Fader« betätigen	Auffinden der Funktion	5* Taste nicht gefunden/erkannt 4* Bereich Klangeinstellungen nicht gefunden
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Taste nicht fest genug betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 3</b>
Lautsprecher einstellen	Auffinden der Funktion	2* Taste nicht gefunden/erkannt 1* Taste verwechselt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

**Aufgabe 4)** Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen

Die gesamte Aufgabe 4 konnte von 27 Versuchspersonen vollständig richtig gelöst werden. Dies entspricht einem Anteil von 65,85 %. Betrachtet man die Teilaufgaben, so konnten den ersten Teil, die Umstellung auf CD-Betrieb, 35 Versuchspersonen richtig lösen (85,37 %), den zweiten Teil, die Einstellung der CD-Nummer, 40 Versuchspersonen (97,56 %). Den

dritten Teil der Aufgabe, die Titelwahl, konnten 34 Probanden richtig lösen (82,93 %). Ähnlich wie bei Aufgabe 2 wurden bei der Teilaufgabe »Auf CD-Betrieb umschalten« die meisten Fehler (3 Fehler) beim Erkennen des Betätigungsortes und der Betätigungsart (3 Fehler) gemacht. Bei der Teilaufgabe »Eine bestimmte CD auswählen« wurde von einer Versuchsperson der Betätigungsort nicht erkannt. Bei der Teilaufgabe »Einen bestimmten Titel anwählen« konnten fünf Versuchspersonen den Betätigungsort, nämlich die Suchlaufwippe, nicht identifizieren, eine Person hatte Probleme mit der Art der Betätigung und eine Versuchsperson hat die Taste zu oft betätigt.

Tabelle 5.4: Detaillierte Fehlerbetrachtung der Aufgabe 4

<b>Aufgabe 4</b>		<b>Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einstellen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Auf CD-Betrieb umschalten	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 6</b>
	Auffinden der Funktion	3* Umschalttaste nicht gefunden/erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	3* nicht erkannt
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Die bestimmte CD auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	1* Taste nicht gefunden/erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Den bestimmten Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 7</b>
	Auffinden der Funktion	5* Taste nicht gefunden/erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	1* nicht erkannt
	Betätigung	1* zu oft betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

#### **Aufgabe 5) Klima einstellen: Die Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen**

Die Aufgabe, die Luftzufuhr im Kopfbereich zu erhöhen, wurde von 31 Probanden richtig gelöst (75,61 %). Die Einzelaufgabe »Luftmenge erhöhen« konnten 40 Versuchspersonen richtig lösen (97,56 %), die Einzelaufgabe »Luftverteilung nach oben« lösten 38 Probanden richtig (92,68 %). Viele Versuchspersonen hatten Probleme zu erkennen, dass es sich überhaupt um eine zweigeteilte Aufgabe handelte. Während die eigentliche Aufgabenbearbeitung und somit auch die damit verbundenen Handlungsschritte keiner Versuchsperson Probleme bereiteten, ließen drei Versuchspersonen die Teilaufgabe »Die Luftverteilung nach oben richten« komplett aus sowie eine Versuchsperson die Teilaufgabe »Die Luftmenge erhöhen«. Diese Fehler wurden in der Auswertung dem Handlungsschritt »Erken-

nen des Betätigungsortes« zugeordnet, treten aber eigentlich schon vorher, beim Erkennen der eigentlichen Teilaufgabe, auf. Die Schwierigkeiten liegen also im zeitlichen Ablauf der Aufgabe.

Tabelle 5.5: Detaillierte Fehlerbetrachtung der Aufgabe 5

<b>Aufgabe 5</b>		<b>Luftzufuhr im Kopfbereich erhöhen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 3</b>
Luftverteilung nach oben richten	Auffinden der Funktion	3* Teilaufgabe komplett ausgelassen
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
Luftmenge erhöhen	Auffinden der Funktion	1* Teilaufgabe komplett ausgelassen
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

## 5.2.5 Auswertung

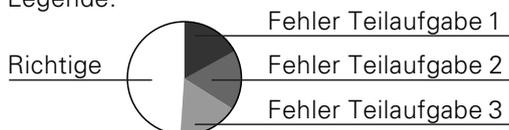
### 5.2.5.1 Objektive Bewertung

Aus den Aussagen der Versuchspersonen kann abgeleitet werden, dass die Audiofunktionen in drei Gruppen eingeteilt werden können. Die erste Gruppe umfasst die Wahl des Inhaltes des jeweiligen Audiomoduls, wie z. B. die Senderwahl beim Radio, die Musikstückwahl bzw. CD-Anwahl des CD-Players oder das Musikstück bzw. die Seite der Kassette im Kassettenmodus. Diese Funktionen werden als relativ wichtig angesehen. Gleichbedeutend ist die Wahl der Audioquelle als eigene funktionale Einheit. Als dritter Funktionsbereich können Einstellungen wie Klangeinstellung, Vorwahlmodi oder Speicheroptionen gesehen werden, die von den Versuchspersonen insgesamt weniger wichtig bewertet werden.

Über alle Versuchspersonen und alle Aufgaben wurden bei 369 Teilaufgaben 49 Fehler begangen. Dies entspricht einer gesamten Fehlerquote von 10,57 %. Mit Hilfe eines Cochran-Tests (*Bortz, 2004*) lässt sich nachweisen, dass sich die Anzahl der richtig bearbeiteten Aufgaben höchstsignifikant voneinander unterscheidet. Man kann also weitergehende Vergleiche der einzelnen Aufgaben anstellen. Auch beim Vergleich der einzelnen Teilaufgaben untereinander lässt sich mit dem Cochran-Test ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen allen Teilaufgaben nachweisen. Es ist somit von einem unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad bzw. einer differenzierten Bearbeitungsqualität der Teilaufgaben auszugehen. Abbildung 5.19 zeigt die Quote der vollständig richtig gelösten Aufgaben und Teilaufgaben sowie die Fehlerzahlen.

	Aufgabe 1 (Sender)	Aufgabe 2 (Kassette)	Aufgabe 3 (Lautspr.)	Aufgabe 4 (CD-Titel)	Aufgabe 5 (Luft n. o.)
<b>Teilaufgabe 1</b>					
Fehler	2	7	10	6	3
% richtig	95,12 %	82,93 %	75,61 %	85,37 %	92,68 %
<b>Teilaufgabe 2</b>					
Fehler			2	1	1
% richtig			95,12 %	97,56 %	97,56 %
<b>Teilaufgabe 3</b>					
Fehler				7	
% richtig				82,93 %	
<b>Gesamt</b>					
Fehler	2	7	16	14	4
					
Vollständig richtig	39	34	29	27	37
% vollständig richtig	95,12 %	82,93 %	60,98 %	65,85 %	90,68 %

Legende:



Gesamtzahl:

41 Versuchspersonen

Abbildung 5.19: Fehler und richtig gelöste Aufgaben für die Teilaufgaben

Bei der Zuordnung der Aufgabenart zu den richtig gelösten Aufgaben lassen sich deutliche Unterschiede nachweisen: Besonders die Aufgaben zur analogen Einstellung eines bestimmten Wertes (Teilaufgabe 3-2, Teilaufgabe 5-1 und Teilaufgabe 5-2) schneiden mit sehr hohen Bearbeitungserfolgen ab (95,12 %, 92,68 % sowie 97,56 %). Dies lässt darauf schließen, dass hier durch die Beschriftung der analogen Einstellungen im Display mit den dazugehörigen Tastenbelegungen eine sehr gute Form der Bedienoberfläche für diese Einstellvorgänge vorliegt. Bei der Teilaufgabe 4-3 liegt eigentlich eine Auswahl 1 aus n vor, die Titelauswahl ist allerdings mit der Suchlaufwippe dargestellt. Hier lässt die relativ hohe Fehlerquote von 34,1 % auf eine nicht konforme Ausführung der Funktion schließen. Die Gestaltung entspricht hier eher einer Einstellung mehr/weniger, während die Funktion eine Auswahl darstellt. Die Werte für die Funktionen der Auswahl einer Funktion aus mehreren streuen deutlicher als die Einstellvorgänge (Erfolgsquoten von 75,61 % – 95,12 %). Dies lässt sich dadurch begründen, dass die einzelnen Funktionen stark unterschiedlich gestaltet sind.

Für die Auswahl der Quellenumschaltung, die zweimal als Aufgabe gestellt wurde, lassen sich keine Lerneffekte erkennen. Die Überprüfung erfolgte mit dem Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test. Es lassen sich also keinerlei Lerneffekte bei den Versuchspersonen nachweisen.

### 5.2.5.2 Fehlerarten

Betrachtet man alle Aufgaben gemeinsam, so ist auffällig, dass die meisten Fehler bei den Aufgaben beim Auffinden der Funktion gemacht werden, während die Betätigung selbst und die Rückmeldung relativ zuverlässig sind. Von insgesamt 369 Teilaufgaben wurden 32 Fehler bei dem Handlungsschritt »Auffinden der Funktion«, sechs Fehler beim Erkennen der Betätigungsart, drei Fehler bei der Betätigung selbst und nur ein Fehler bei der Erkennung der Rückmeldung der Betätigung gemacht.

Auffinden der Funktion:	0,0867
Erkennen der Betätigungsart:	0,0162
Betätigung:	0,0081
Erfassung der Betätigungsrückmeldung:	0,0027
Erfassung der Systemrückmeldung:	0

Es ist also generell bereits von einem relativ hohen Gestaltungsniveau der Benutzeroberfläche auszugehen. Der Schwerpunkt bei der Neugestaltung ist also vor allem bei einer logischen Zuordnung und einer deutlichen Kennzeichnung der Funktionen zu legen. Auch hier wird deutlich, dass der Punkt »Erkennen des Betätigungsortes« bei keiner einzigen Teilaufgabe von allen Versuchspersonen richtig gelöst wurde, während dies bei den anderen Handlungsschritten sehr wohl der Fall ist.

Ordnet man die gemachten Fehler den Versuchspersonengruppen »geübte Nutzer« und »ungeübte Nutzer« bzw. der Zwischengruppe zu, so fällt auf, dass die Gruppe der geübten Nutzer deutlich weniger Fehler macht.

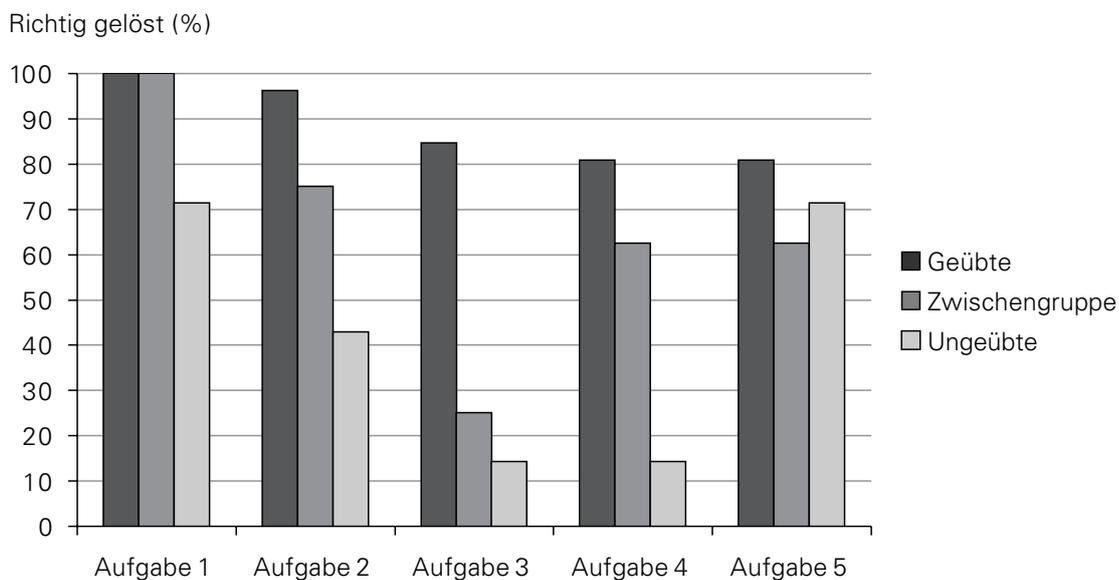


Abbildung 5.20: Zuordnung der vollständig richtig gelösten Aufgaben zum Übungsgrad der Probanden

Die Werte der vollständig richtig gelösten Aufgaben liegen bei dieser Gruppe nie unter 80,77 %. Bei der Gruppe der ungeübten Nutzer liegen die Werte vor allem bei den Aufgaben mit mehreren Teilaufgaben deutlich niedriger. Der niedrigste Wert beträgt 14,29 %. Abbildung 5.20 zeigt die vollständig richtig gelösten Aufgaben, verteilt auf die unterschiedlichen Übungsgrade der Nutzer. Der Mittelwert der vollständig richtig gelösten Aufgaben liegt bei der Gruppe der geübten Nutzer bei 88,46 %, bei der Zwischengruppe bei 65 % und bei der Gruppe der ungeübten Nutzer bei 42,86 %. Es ist also von einer deutlichen Abhängigkeit zwischen Übungsgrad und richtiger Aufgabenlösung auszugehen. Dieses Ergebnis ergänzt sich mit *Vogel (1998)*. Mit Hilfe von Messungen der Bearbeitungszeiten kann sie einen deutlichen Einfluss des Übungsgrads zur Geschwindigkeit der Aufgabenbearbeitung in einem zentralen Bediensystem nachweisen.

### 5.2.5.3 Subjektive Bewertung

Die Versuchspersonen hatten für das Gesamtsystem der Bedienoberfläche eine Gesamtnote nach dem Schulnotenprinzip von »1« (sehr gut) bis »6« (ungenügend) zu vergeben. Abbildung 5.21 zeigt die Verteilung der vergebenen Noten. Der beste Wert beträgt »2«, der schlechteste »4«, die Noten »1«, »5« und »6« wurden von keiner Versuchsperson vergeben. Der Mittelwert beträgt 2,5097, die Standardabweichung 0,598. Dieser gute Wert deckt sich auch mit den objektiven Messwerten, bei denen relativ zu der Anzahl der Aufgaben wenig Fehler gemacht wurden.

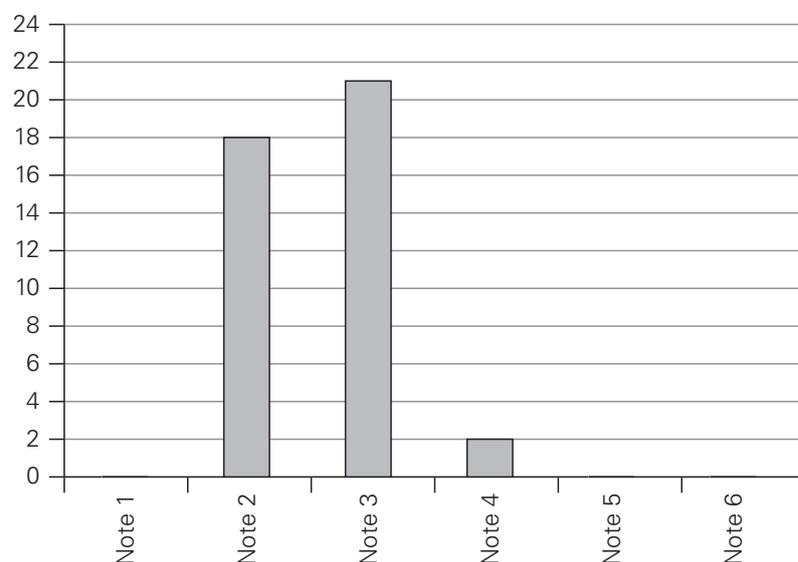


Abbildung 5.21: Subjektive Benotung des Gesamteindrucks

Nach Abschluss der Versuchsreihe wurden die Versuchspersonen nochmal mit der Frage »Wie wirkt die Bedienung auf Sie?« um einen subjektiven Gesamteindruck mit der Möglichkeit der freien Beantwortung gebeten. Die von den Versuchspersonen genannten Eigenschaften wurden zur Auswertung in die Kategorien positive, neutrale und negative Eigenschaften eingeordnet und gegeneinander aufgetragen. Negative Eigenschaften wurden dabei auch negativ aufgetragen. Abbildung 5.22 zeigt diese Auswertung. Auch hier lässt sich eine Übereinstimmung der überwiegenden positiven subjektiven Bewertung mit der objektiven Fehlermessung, bei der eine insgesamt relativ niedrige Fehlerquote von 10,57 % vorliegt, feststellen. Man kann also von einer Übereinstimmung zwischen subjektiver Bewertung und objektiven Messergebnissen ausgehen.

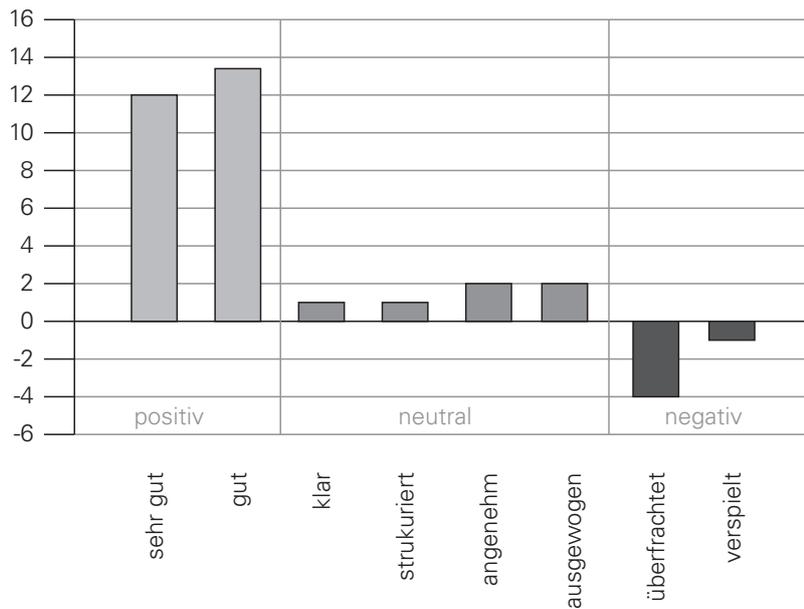


Abbildung 5.22:  
Anzahl positiver, neutraler sowie negativer Bewertungen bei der subjektiven Beurteilung durch die Versuchspersonen

### 5.2.6 Zusammenfassung und Bewertung

Als Fehlerschwerpunkt lässt sich für das konventionelle System vor allem der Handlungsschritt »Auffinden der Funktion« ausmachen. Hier wurden für sämtliche Aufgaben die meisten Fehler der Versuchspersonen begangen. Die für den Versuch ausgewählte Bedienoberfläche weist im allgemeinen bereits ein sehr hohes Gestaltungsniveau auf, was sich sowohl aus der objektiven Fehlererfassung als auch aus den subjektiven Urteilen der Versuchspersonen ableiten lässt. Bedingt durch die relativ wenigen Fehler der Versuchspersonen ist eine genauere statistische Betrachtung der Fehlerauswertung nur sehr schwer möglich. Hierzu wäre eine deutlich größere Anzahl von Versuchspersonen notwendig. Dies erweist sich jedoch in der Praxis als zu aufwändig und zeitintensiv und somit für den verkürzten Entwicklungsprozess als wenig geeignet.

Die gewählte Versuchsmethode zeigt sich als geeignete, wenn auch aufwändige Methode zur Erfassung der Fehler bei der Aufgabenbeobachtung. Die genaue Zuordnung der Fehler auf die Handlungsschritte lässt sich sehr gut durch eine zuverlässige Beobachtung des Versuchsleiters protokollieren. Die Videobeobachtung erweist sich dennoch als sinnvolles Hilfsmittel bei der Auswertung, da bestimmte Fehler noch konkreter zugeordnet werden können und eine hundertprozentige Zuordnung direkt beim Versuch durch den Versuchsleiter z. B. aufgrund von Hinweisen zur Fahrstrecke teilweise nur bedingt möglich war. Die Zuweisung der Fehler auf die Handlungsschritte der einzelnen Teilaufgaben zeigt sich als sehr sinnvoll. So können die Hauptschwächen des Systems deutlich identifiziert werden und als wichtige Grundlage für den Entwicklungsprozess der Bedienoberfläche zur Verfügung gestellt werden.

### 5.3 Vergleich der Ergebnisse mit der systemergonomischen Analyse

Die Analyse der zeitlichen Bedienabläufe aus der systemergonomischen Analyse im Vergleich zur technischen Ausführung aus Kapitel 5.1.3 zeigt weitgehend eine Übereinstimmung zwischen Soll- und Ist-Darstellung. Bei den Teilaufgaben »Umstellen der Audioquelle« (Aufgabe 2, bzw. 4-1) sowie der Einstellung des gewünschten CD-Titels (Aufgabe 4-3) liegt keine Übereinstimmung zwischen der technischen Darstellung und dem Soll-Flussdiagramm vor. Diese Aufgaben schneiden mit einer Fehlerquote von 17,03 % (Aufgabe 2 und 4-3) und 14,63 % im Vergleich zu den üblichen Aufgaben relativ schlecht ab. Bei allen drei Aufgaben treten im Gegensatz zu den anderen Aufgaben Fehler in der Erkennung der Betätigungsart auf. Diese Fehler sind in der technischen Umsetzung dieser Funktionen begründet. Die systemergonomische Analyse deckt also in diesem Fall bereits zu erwartende Betätigungsfehler auf.

Neben der Analyse der Bedienung wurden im Abschnitt 5.1.3 Qualitätszahlen  $Q_E$  für die einzelnen Aufgaben aufgestellt. Diese sollen nun den im Fahrversuch tatsächlich richtig durchgeführten Teilhandlungen gegenüber gestellt werden. Abbildung 5.23 zeigt den Vergleich der Qualitätszahlen  $Q_E$  mit den prozentual richtig gelösten Teilaufgaben.

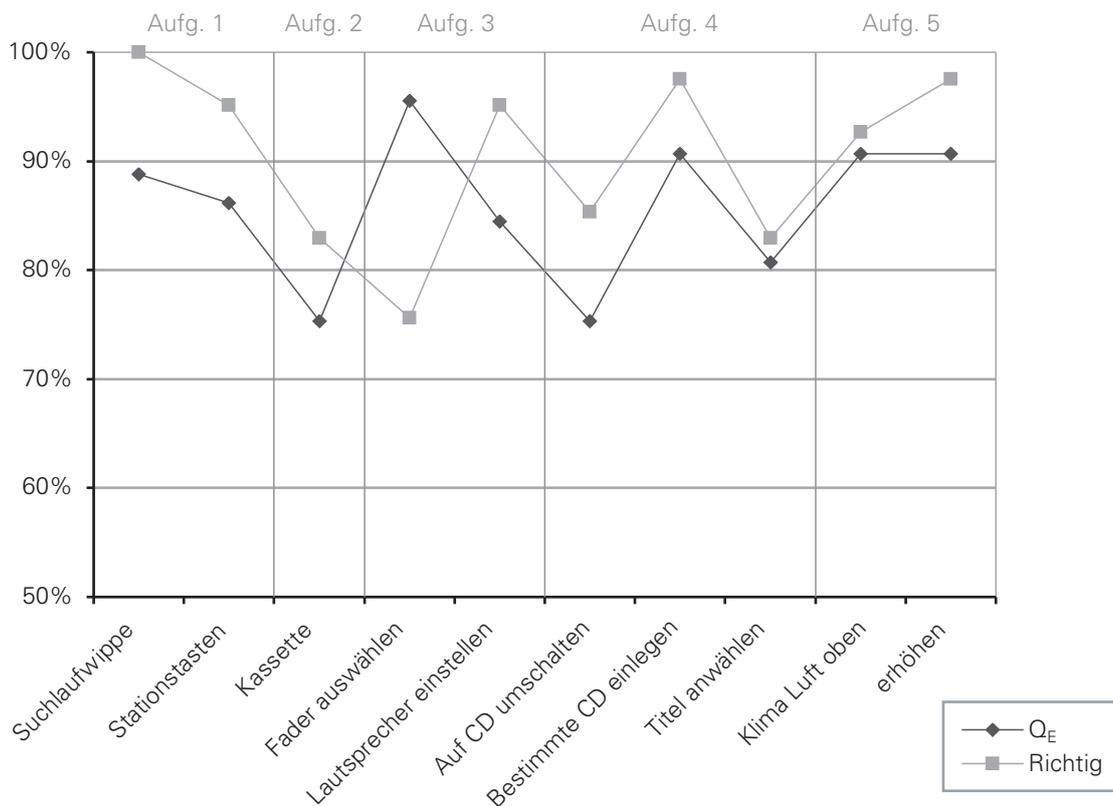


Abbildung 5.23: Gegenüberstellung von theoretisch ermitteltem Qualitätswert  $Q_E$  und richtig bearbeiteten Aufgaben

Es lässt sich eine Übereinstimmung der Tendenz des  $Q_E$ -Wertes mit der tatsächlichen Quote der vollständig richtig gelösten Aufgaben nachweisen. Bei sämtlichen Teilaufgaben, mit Ausnahme der »Fader«-Auswahl (Aufgabe 2), ist die  $Q_E$ -Zahl, wie erwartet, niedriger

als die tatsächliche Prozentzahl der richtigen Lösung. Dies ist begründbar, da auch bei ergonomisch optimaler Gestaltung immer noch von Bedienfehlern ausgegangen werden muss. Im Gegensatz zu den restlichen Teilaufgaben ist bei der Teilaufgabe »Fader auswählen« eine Umkehrung der Tendenz der Werte von Qualitätszahl und tatsächlich richtig gelösten Aufgaben zu beobachten. Die Teilfrage »Kennzeichnung« wurde negativ bewertet, da viele Personen mit dieser englischsprachigen Bezeichnung keine Funktion verbinden können. Genau darin liegt die häufigste Fehlerquelle bei dieser Aufgabe. Zudem haben einige Versuchspersonen Probleme damit, dass die Klangeinstellungen nicht innerhalb der gleichen Bedienebene wie die sonstigen Radiofunktionen liegen, sondern darüber angeordnet sind, wodurch sie Schwierigkeiten haben, den Ort der Betätigung zu erkennen. Da die Anzahl der richtig gelösten Aufgaben mit dieser Ausnahme über dem theoretisch ermittelten  $Q_E$ -Wert liegt, ist zu erwarten, dass zwischen den beiden Werten eine Korrelation besteht.

Eine statistische Betrachtung erfolgt mit Hilfe einer Korrelationsanalyse: Der Korrelationskoeffizient zwischen theoretisch ermitteltem Qualitätswert und prozentual richtigen Aufgabenbearbeitungen im Realversuch beträgt bei der Betrachtung der Gesamtaufgaben  $-0,21$ . Bei der Betrachtung der Teilaufgaben ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von  $Q_E$  zu den richtig bearbeiteten Aufgaben im Realversuch von  $0,18$ . Es kann also nicht von einem Zusammenhang zwischen theoretisch ermitteltem Wert und Ergebnissen aus den Versuchen ausgegangen werden.

Tabelle 5.6: Qualitätszahlen der einzelnen Handlungsschritte

	Suchlauf	Stationstasten	Kassette	Fader	Umstellen	CD	CD-Nr.	Titel	Luftverteilung	Luftmenge
Auffinden der Funktion	1	0,875	0,375	0,75	0,75	0,375	1	0,75	1	1
Erkennen der Betätigungsart	0,5	1	0,5	1	0,75	0,5	1	0,5	1	1
Betätigung	0,833	0,833	1	1	0,667	1	1	1	1	1
Erk. Rückm. der Betätigung	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
Erkennen Rückm. der Funktionserledigung	1	1	0,667	1	1	0,667	0,333	0,667	0,333	0,333

Tabelle 5.6 zeigt die Aufstellung der Qualitätszahlen, bezogen auf die Handlungsschritte der einzelnen Teilaufgaben. Analog stellt Tabelle 5.7 die prozentuale Verteilung der vollständig richtig gelösten Handlungsschritte der Teilaufgaben dar. Vergleicht man die Qualitätszahlen für die einzelnen Handlungsschritte mit den Ergebnissen aus den Realversuchen, so beträgt der Korrelationskoeffizient hier  $0,2874$ . Da bei der Betrachtung der Korrelation zwischen den Handlungsschritten und den Ergebnissen aus dem Realversuch für die jeweiligen Handlungsschritte eine relativ starke Streuung vorliegt ( $0,0-0,84$ ), ist von einer Abhängigkeit der Werte nicht auszugehen. Die relativ schlechten Einzelbewertungen in der Rückmeldung der Funktionserledigung wirken sich offensichtlich in der Praxis nicht aus. Hier zeigt sich demnach in diesem Punkt in der Praxis eine größere Toleranz als in der the-

oretischen Betrachtung. Demgegenüber werden in der Praxis deutlich mehr Fehler im Auffinden der Funktionen durchgeführt als dies in der theoretischen Betrachtung der Fall ist. Es stellt sich die Frage, ob der Handlungsschritt »Auffinden der Funktion«, bei dem relativ viele Fehler begangen wurden, in der Qualitätsbewertung zu niedrig repräsentiert ist. Tatsächlich ergibt sich in der Berechnung durch die höhere Anzahl der Kriterien (4) bei diesem Punkt eine relativ zu den anderen Schritten niedrigere Wertung eines einzelnen Punktes dieses Handlungsschrittes. Eine zusätzliche Gewichtung erscheint jedoch nicht sinnvoll. Vielmehr scheint die Bewertung nach Handlungsschritten sich mehr als qualitative Methode zu eignen. Eine Bewertung mit Qualitätszahlen ist dennoch sinnvoll, um die Hauptschwachpunkte der gestalterischen Umsetzung erkennen zu können.

Tabelle 5.7: Anteil der vollständig richtig gelösten Handlungsschritte

	Suchlauf	Stationstasten	Kassette	Fader	Umstellen	CD	CD-Nr.	Titel	Luftverteilung	Luftmenge
Auffinden der Funktion	0*)	0,98	0,90	0,78	0,93	0,93	0,98	0,88	0,93	0,93
Erkennen der Betätigungsart	0*)	1	0,95	1	1	0,93	1	0,98	1	1
Betätigung	0*)	0,98	1	0,98	1	1	1	0,98	1	1
Erk. Rückm. der Betätigung	0*)	1	0,98	1	1	1	1	1	1	1
Erkennen Rückm. der Funktionserledigung	0*)	1	1	1	1	1	1	1	1	1

\*) Sämtliche Versuchspersonen verwendeten die direkte Stationswahl

## **6 Systemergonomie in der Gestaltung der menübasierten Schnittstelle im Automobil**

### **6.1 Bildschirmbasierte Bedienoberflächen in der Konzeptentwicklung**

#### **6.1.1 Einfluss der Fahrdynamik**

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, soll ein Vergleich zwischen einem Probandenversuch im Stand und einem Versuch unter realen Fahrbedingungen Aufschluss darüber geben, inwieweit die Konzentration auf die reale Fahraufgabe einen Einfluss auf die Bearbeitungsqualität der Aufgaben in einem bildschirmbasierten Bediensystem hat. Dazu sollen Versuchspersonen die gleichen Aufgaben im Standversuch wie im realen Fahrbetrieb erfüllen.

#### **6.1.2 Einfluss der Gestaltung der Menübreite und -tiefe**

Es stellt sich auch für bildschirmorientierte Bedienoberflächen im Automobil die Frage nach einer idealen Menütiefe sowie der Anzahl der Auswahlmöglichkeiten pro Bildschirmmenü. In der Literatur lassen sich einheitlich mehrere Nachweise für eine Präferenz von flachen Strukturen im Vergleich zu tieferen finden: *Larson & Czerwinsky (1998)* weisen schnellere Zugriffszeiten in Webseiten mit zwei Hierarchiestufen im Vergleich zu dreistufigen nach. *Bernard (2004)* weist signifikant längere Suchzeiten von tieferen Strukturen im Vergleich zu flachen Strukturen in Hypertextsystemen in Web-Browsern nach. Die Ergebnisse von *Bernard* decken sich u. a. mit *Jacko & Salvendy (1996)* sowie *Snowberry et al. (1983)*. Zusammen mit *Norman & Chin (1988)* weist *Bernard* zudem im Vergleich zu konstant breiten Systemen die effizientere Suche in Strukturen nach, die in der obersten und untersten Ebene deutlich mehr Breite aufweisen als in den Zwischenebenen. *Stary (1996)* empfiehlt, beim Auftreten von mehr als zwei Ebenen geeignete Navigationshilfsmittel zur Verfügung zu stellen, um Suchvorgänge zu erleichtern. Beispiele für Navigationshilfsmittel sind Pop-Up-Menüs, die nur dann erscheinen, wenn eine entsprechende Schachteltiefe erreicht wird. Die Forderung von Unterbrechbarkeit von Handlungen (u. a. *Zimmer, 1998*) könnte jedoch für den automobilen Einsatz die tiefe Struktur begünstigen, da durch weniger Bildschirminhalte Suchvorgänge innerhalb eines Bildschirms erleichtert werden und durch mehrere Betätigungsschritte die Unterbrechbarkeit gewährleistet ist. Aus diesem Grund wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, die diese Fragestellung klären soll.

### **6.2 Fahrversuch**

#### **6.2.1 Anforderung**

Die Menüstruktur wird in Zukunft einen wichtigen Bestandteil der bildschirmbasierten Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle ausmachen. Somit stellt sich die Frage, wie diese Struktur im Fahrzeug beschaffen sein muss, um die speziellen Anforderungen der Mensch-Maschine-Schnittstelle während des Fahrbetriebs besser zu erfüllen. Zudem ist zu klären,

ob Ergebnisse aus software-ergonomischen Untersuchungen direkt auf die Schnittstelle im Fahrzeug zu übertragen sind, oder ob durch die dynamischen Gegebenheiten im Automobil die Ergebnisse aus der klassischen Software-Ergonomie ihre Gültigkeit verlieren. Ziel der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Versuchsreihe ist einerseits, die Einflüsse des realen Fahrbetriebs auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle herauszuarbeiten, andererseits den Einfluss unterschiedlicher Gestaltung der Systemstruktur einer Fahrzeugschnittstelle auf die Nutzerakzeptanz und Zuverlässigkeit zu untersuchen. Zudem sollte ein Versuchsaufbau in einem fahrbaren Usability-Laborfahrzeug für die subjektive Bewertung von Mensch-Maschine-Schnittstellen in der frühen Phase konzipiert und umgesetzt werden, um daraus ein geeignetes Methodikinstrument für die Gestaltung und Bewertung von Schnittstellen für die Serienentwicklung entwickeln zu können. Als Basis für den Versuch dient der bei *Bengler et al. (2002)* beschriebene Versuch, bei dem die gleiche konventionelle Bedienoberfläche, wie in Kapitel 5.2.2.2 beschrieben, im Vergleich zu einem zentralen System mit getrennter Anzeige und Bedienung bezüglich ihrer Einflüsse auf die Fahraufgabe verglichen wurde. Dabei lassen sich Vorteile bei der getrennten Anzeige und Bedienung im Bezug auf die Beeinträchtigung der Fahraufgabe nachweisen.

Ausgehend von den Funktionsinhalten, die in der Analyse des konventionellen Bediensystems untersucht wurden, sollen zwei unterschiedliche Menüstrukturen erstellt werden. Hierbei wird bei der einen Variante darauf geachtet, möglichst wenige, eindeutige Informationen pro Bildschirminhalt darzustellen. Dadurch entsteht eine tiefere Bildschirmstruktur mit mehr Menüebenen, dafür weniger Informationen pro entsprechender Einheit. Bei der zweiten Variante wird versucht, möglichst alle Inhalte, die einer Funktionsgruppe zugehörig sind, auf eine Bildschirmseite zu kombinieren. Dadurch ergibt sich eine flachere Menüstruktur mit entsprechend weniger Menüebenen und dafür mehr Information pro Bildschirmseite. Um einen Einfluss der Benutzung von Komponenten auf die Fahraufgabe zu untersuchen, sollen die beiden Menüstrukturen sowohl im Stand- als auch im dynamischen, realen Fahrbetrieb untersucht werden. Dazu sollen typische Aufgaben sowohl im Stand- als auch im Fahrbetrieb gestellt werden.

### **6.2.1.1** Aufbau eines Usability-Modells zur Validierung der Systemstruktur von menübasierten Systemen im Fahrbetrieb

Um die Einwirkungen der Fahraufgabe auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu erhalten, ist zunächst der Aufbau eines Versuchsfahrzeugs notwendig. Hierbei soll einerseits die Möglichkeit bestehen, die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle so flexibel wie möglich zu halten, um mehrere Varianten gegeneinander testen zu können, andererseits soll ein möglichst realistischer Fahreindruck gewährleistet sein.

Dazu soll ein Serienfahrzeug mit der Möglichkeit einer flexiblen Gestaltung der Benutzeroberfläche modifiziert werden. Die Schnittstelle umfasst die Komponenten Audio, Telefon, Bordcomputer und Klimaeinstellungen. Als Grundlage des Funktionsumfangs soll der in Kapitel 5.2 beschriebene Versuch dienen. Die Originalkomponenten des Fahrzeugs wie Audiosystem, Bordcomputer etc. sollen direkt über eine Simulationsumgebung mit einer frei konfigurierbaren Bedienoberfläche angesteuert werden können. Zudem soll das Fahrzeug eine Vorstufe für den späteren Einsatz in der Serienentwicklung darstellen. Die

Erkenntnisse, sowohl aus dem Versuchsaufbau als auch aus der Versuchsdurchführung, sollen bewertet werden und in eine Entwicklung einer Fahrzeug-Plattform für die Validierung von bildschirmbasierten Bediensystemen in der Serienentwicklung einfließen.

### **6.2.1.2** Anforderungen an einen fahrbaren Konzeptaufbau

Mit Hilfe einer flexiblen, programmierbaren Logikmodellierung soll eine freie Konfiguration der Ablauflogik mit der dazugehörigen Bedienoberfläche gewährleistet sein. Die Bedienoberfläche soll mit Hilfe eines in das Fahrzeug integrierten Monitors möglichst frei mit konventionellen Grafik- und Programmierwerkzeugen gestaltet werden können. Um eine möglichst realistische Rückmeldung seitens des Fahrzeugs zu erhalten, ist eine Kopplung der Simulationsumgebung mit realen Fahrzeugkomponenten notwendig. *Kempf (1996)* beschreibt die Anbindung von simulierten Teilsystemen mit der Methode der Koppelung von SA/RT-basierten Steuergerätesimulationen an reale Bussysteme, nach der auch das Versuchsfahrzeug, mit dem die folgenden Versuche durchgeführt wurden, ausgestattet ist. Eine analoge Steuergerätesimulation soll auch in dem für die Untersuchung der Systemstrukturen aufgebauten fahrbaren Versuchsfahrzeug verwendet werden. Auf die vollständige Anbindung eines Navigationssystems wurde verzichtet, da hier ein zu großer Eingriff in den Navigationsrechner, GPS-System und die Navigations-Software durchgeführt werden müsste, so dass keine Funktionssicherheit mehr gewährleistet wäre. Zudem könnte der Umfang der Navigationsfunktionen nicht mit dem konventionellen System verglichen werden.

### **6.2.1.3** Aufbau des fahrbaren Konzeptmodells

In dem Versuchsfahrzeug ist ein Bildschirmsystem integriert, das eine Anbindung der integrierten Komponenten an das Fahrzeugbussystem hat. Der Aufbau erfolgt mit einer Rapid-Prototyping-Plattform, die aus den Komponenten »Statemate«, »VX-Works« und einem grafischen Werkzeug zur Darstellung der Bildschirminhalte auf dem Monitor »MMI-Tool« realisiert wird. Mit Hilfe des Statemate-Modells wird dabei das Verhalten und die Ablauflogik der Menüstruktur realisiert. Die VX-Works-Station übernimmt die Anbindung an den Fahrzeugbus, um die entsprechenden Komponenten funktionsfähig mit dem Rapid-Prototyping-System zu verbinden. Mit Hilfe des MMI-Tools werden die grafischen Inhalte der einzelnen Menüs in der von der Statemate-Modellierung vorgegebenen Reihenfolge auf dem Bildschirm dargestellt. Dabei wird im MMI-Tool unterschieden zwischen Bildschirminhalten, Objekten auf dem Bildschirm, wie z.B. einer Cursorstruktur, und Text, der auf dem Bildschirm dargestellt wird. Jedem Element können bestimmte Eigenschaften zugeteilt werden. Im Beispiel des Cursors sind dies z.B. Zustände wie »aktiv, inaktiv, gedrückt« und »nicht gedrückt«. Eine Eingabe am Bedienelement seitens des Anwenders sendet ein Datensignal, das in einer Pegelanpassungskarte aufbereitet und verstärkt wird. Das Signal wird so an eine D-Space Autobox weitergeleitet, die den aktuellen Cursorzustand an einen VME-Rechner (Unix Motorola 680040-board) weitergibt. Auf diesem Rechner (Betriebssystem VX-Works) ist das Statemate-Modell der Menüstruktur hinterlegt. Die Ankopplung der Statemate-Simulation mit dem Display erfolgt über einen herkömmlichen Laptop, der zur Steuerung der grafischen Bildschirminhalte mit dem MMI-Tool dient. Zusätzlich ist der PC mit dem Fahrzeugbus verbunden und löst so die gewählte Funktion aus.

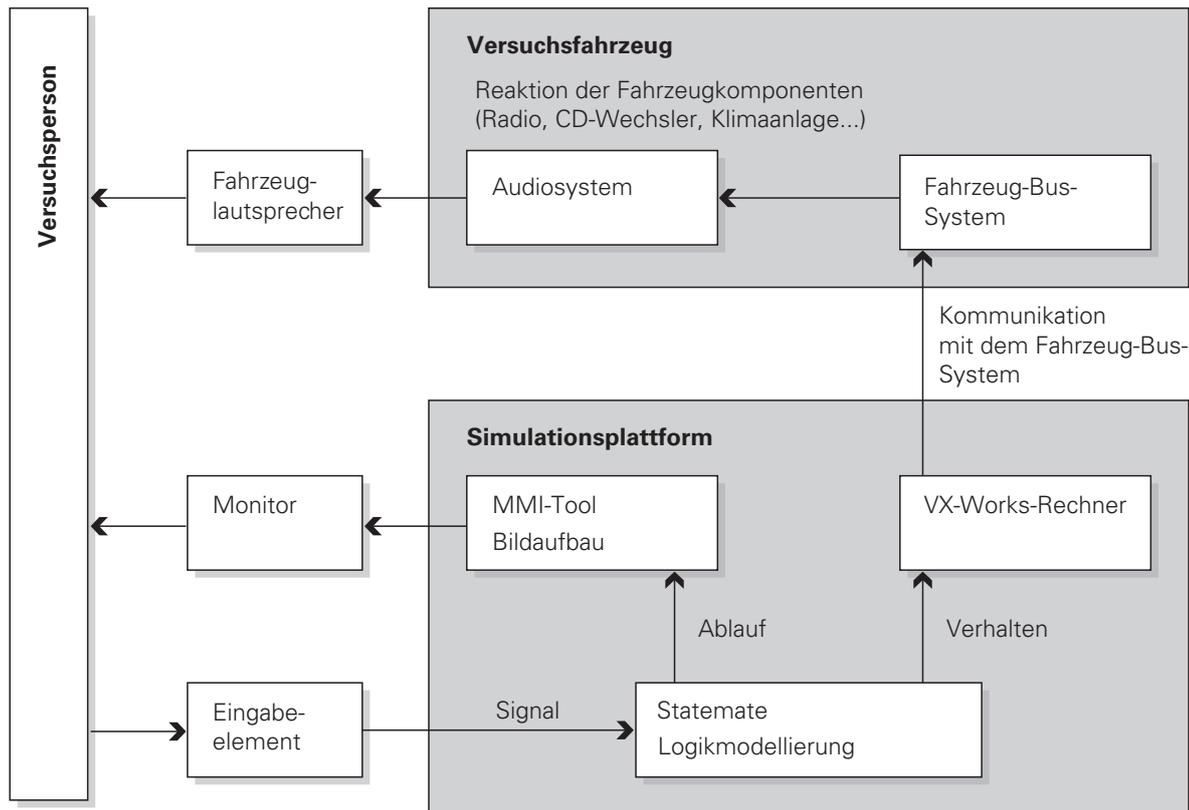


Abbildung 6.1: Prinzipieller Aufbau des Usability-Fahrzeugs

In Abbildung 6.1 ist das Prinzip des Versuchs-Aufbaus aufgezeichnet. Sämtliche Rechner befinden sich im Kofferraum des Fahrzeugs, können aber über eine Tastatur bzw. ein Laptop vom Fahrzeuginnenraum aus angesteuert werden. Für die Darstellung der frei konfigurierbaren Oberfläche ist ein Monitor mit einer Anbindungsmöglichkeit an eine sog. Auto-PC-Plattform über eine PC-Grafikkarte notwendig. Der Monitor, der für den Serieneinsatz verwendet wird, erfüllt dieses Kriterium nicht. Aus diesem Grund wurde entschieden, den Monitor zusätzlich zu den bereits im Fahrzeug bestehenden Komponenten (Multi-Infomations-Display) einzubauen. Als Einbauort hat sich hier der Ort der Lüftergrills der Mittelkonsole als geeignet erwiesen. Zusätzlicher Vorteil dieser Position ist, dass der Blickwinkel vom Strassenverkehr zum Ablesen des Monitors geringer ist als bei einem tiefer angeordneten Monitor. Um die Akkomodation zum Straßenverkehr möglichst gering zu halten, wurde der Monitor so weit wie möglich nach vorne platziert. Nach Vorversuchen hat sich hierbei die Tiefe des Kombiinstrumentes als ein für die Versuchspersonen angenehmer Abstand erwiesen. Es wurde ein elf Zoll großer Farb-TFT-Monitor mit Reflektivtechnologie in der Auflösung  $640 \times 480$  Pixel verwendet. Eine Beschreibung der Monitortechnik befindet sich in *Isele (2000)*. Die Passiv-Reflektiv-Technologie vermeidet die Problematik der Spiegelungen des Tageslichts auf dem Monitor, da auftreffendes Licht zur Verstärkung der Darstellungshelligkeit verwendet wird. Um bei Dunkelheit einen ausreichenden Monitorkontrast zu erhalten, wird der Monitor zusätzlich mit einer Backlighting-Röhre versehen. Der Monitor wurde zur Hälfte in die Instrumententafel integriert, um eine für das Fahrzeug realistische Bildschirmhöhe von ca. 80 mm zu erhalten. Die Hälfte der sichtbaren Monitorfläche wurde mit Hilfe einer Abdeckung geschlossen, um ein für den Einsatz im Fahrzeug typisches Maß von ungefähr fünf Zoll Bildschirmdiagonale zu erhalten. Die Auflösung in dem restlichen

Bereich beträgt somit  $320 * 240$  Pixel. Dies entspricht der Auflösung eines Serienmonitors mit fünf Zoll Bildschirmdiagonale vom Format 4:3. Um Reflexionen auf der Windschutzscheibe zu vermeiden, wurde der Monitor mit einer der Hutze für das Kombiinstrument nachempfundenen Abdeckung versehen. Bei der Anordnung des Monitors wurde darauf geachtet, dass keinerlei Überdeckung des Monitors sowohl mit dem Lenkrad als auch mit der Hand bzw. dem Arm des Fahrzeuglenkers erfolgt. Abbildung 6.2 zeigt das Interieur des Versuchsfahrzeugs.



Abbildung 6.2:  
Fahrzeuginterieur des Versuchsfahrzeugs

Um die Handlungen der Versuchspersonen genau zu dokumentieren, wurde das Versuchsfahrzeug mit einer Videokamera bestückt, die die Handlungen und Kommentare der Versuchsperson aufzeichnet. Die Videokamera ist so an der Kopfstütze der Fondsitzbank positioniert, dass sowohl die rechte Hand der Versuchsperson als auch der Monitor von der Kamera erfasst werden können.

## 6.2.2 Versuchslayout

### 6.2.2.1 Beschreibung des Versuchsfahrzeugs

Bei dem verwendeten Versuchsfahrzeug handelt es sich um ein Automatikfahrzeug der BMW Siebener-Baureihe E38, Modelljahr 1995. Das Fahrzeug wurde mittels eines handelsüblichen Spannungswandlers im Kofferraum mit einer 220V Stromversorgung ausgerüstet, die sowohl zur Speisung des Rechners zur Grafikdarstellung mit dem MMI-Tool als auch der Workstation für die Statemate-Logikmodellierung und der VX-Works-Anbindung an das Bus-System dient. Durch den zusätzlichen Einbau eines Monitors mussten die Luftkanäle aus dem Bereich der Mittelkonsole entfernt werden, wodurch die Funktionalität der Heizungs- und Klimaanlage nicht mehr dem Originalzustand des Fahrzeugs entsprach. Durch den zusätzlichen Einbau des Bedienelements auf der Tunnelkonsole war die Betätigung des Automatik-Wählhebels auf den Bereich »D« und »R« beschränkt, eine manuelle Schaltung in die Gänge »1«–»3« konnte so nicht durchgeführt werden. Die Fahrfunktionalität des Fahrzeugs war dadurch jedoch nicht beeinträchtigt.

### 6.2.2.2 Beschreibung der Bedienoberfläche

Gestaltung des Bedienelements für die zentrale Bedieneinheit

Als Bedienelement für die zentrale Bedieneinheit wurde eine zweidimensionale Wippe mit einem Bestätigungstaster eingesetzt. Das Bedienelement ist in Abbildung 6.3 dargestellt.



Abbildung 6.3:  
Bedienelement für die zentrale  
Bedieneinheit im Versuchsfahr-  
zeug

Einzelne Menüpunkte werden dabei durch Betätigung der Wippe in die entsprechende Richtung mittels eines Cursors angewählt. Diese Art der Eingabe wurde gewählt, da damit sowohl eine flache als auch tiefe Struktur gleichermaßen gut bedient werden kann. Der Sprung in eine tiefere Menüebene bzw. die Bestätigung eines ausgewählten Menüpunktes erfolgt durch die Bestätigung der »OK«-Taste, die in unmittelbarer Nähe der Wippe, links oben, platziert ist. Dadurch kann diese Taste leicht mit dem Daumen oder Zeigefinger betätigt werden. Analog aufgebaute Bedienelemente werden derzeit in mehreren menügesteuerten Bedienoberflächen im Kraft-

fahrzeug vor allem zur Bedienung von Navigationssystemen verwendet. Nachteil dieses Systems ist, dass die häufige Betätigung der Cursorstaste relativ viel Zeit beansprucht, um auf den einzelnen Bildschirmseiten zu navigieren. Zusätzlich ist eine visuelle Kontrolle des aktuell angewählten Menüpunktes notwendig. Vorteil ist, dass man einen Bedienvorgang beliebig abbrechen und an der gleichen Stelle wieder aufnehmen kann, z. B. wenn man durch eine schwierige Verkehrssituation unterbrochen wird. Das Bedienelement selbst kann ohne visuellen Blickkontakt betätigt werden, da der Nutzer über ein haptisches und akustisches Feedback die Betätigung der Wippe erkennen kann. Bei der Gestaltung des Bedienelements wurde Wert auf eine taktile Codierung der Wippe gelegt. Sie wurde so gestaltet, dass eine deutliche haptische Codierung der Längs- und Querachse zu erkennen ist, da ein haptisch auffälliger Steg in Horizontallage die vier Richtungen deutlich voneinander unterscheidbar macht. Der Steg der Querachse wurde auch außerhalb der Wippe weitergeführt, um so eine deutliche und leichte Auffindbarkeit des Zentrums der Wippe auch ohne Blickkontakt zu ermöglichen. Der Bestätigungstaster wurde mit einer zusätzlichen konkaven Mulde versehen, um möglichst leicht ohne Blickkontakt gefunden zu werden und die Betätigung selbst zu unterstützen. Die Betätigungstaste hat einen Betätigungsweg von 2 mm und wurde mit einem konventionellen Drucktaster mit einer vorher ausgewählten Kraft-Weg-Kurve realisiert. Als Schaltelement für die Wippe diente eine zweidimensionale Wippe zur Sitzverstellung aus der Serienproduktion. Die Oberfläche von Wippe und Bestätigungstaste wurde aus Modellbaumaterial (Tacke) auf die Serienwippe geklebt, gefillert und mit schwarzem Kameralack lackiert. Die Beschriftung des Bedienelements erfolgte mit Rub-On-Symbolen. Um die Beschriftung beständiger zu machen, wurde das komplette Bedienelement nach der Beschriftung mit Klarlack überzogen. Das Bedienelement ist auf dem Mittelunnel, im Fahrzeugkoordinatensystem genau auf der  $Y=0$  Achse, platziert. Es ist in unmittelbarer Nähe des Schalthebels angeordnet, um eine Erreichbarkeit im optimalen Greifbereich zu gewährleisten. Hierzu wurde die Tunnelkonsole des Fahrzeugs derart modifiziert, dass neben dem Schalthebel eine zusätzliche Konsole in Verlängerung der bereits bestehenden Mittelarmlehne aufgesetzt wurde. Zusätzlich wurde hinter dem Bedienteil auf

der Mittelarmlehne eine gepolsterte Handauflage angebracht, um den Betätigungskomfort während längeren Bedienvorgängen zu erhöhen. Die Höhe der Armlehne in Z-Richtung des Fahrzeugkoordinatensystems entspricht derjenigen in der Türe. Die Schalter der Mittelkonsole (Warnblinker, Center-Lock) wurden auf der Mittelkonsole nach vorne verlegt. Die zusätzliche Konsole nimmt sowohl das Bedienelement als auch die dafür notwendige Steuerelektronik auf. Der Rücksprung innerhalb der Menüs erfolgt durch den Menüpunkt »Zurück«, der sich in Kombination mit einem Pfeil-Icon auf jedem einzelnen Bildschirmmenü befindet. Im Bildschirmdesign wird die »Zurück«-Funktion in einem sich deutlich von den anderen Funktionen unterscheidenden Grünton dargestellt. Die Funktion ist unabhängig vom Menü immer an der gleichen Stelle platziert, nämlich in der jeweils rechten unteren Ecke jedes Menüs. Um zusätzliche Bedienschritte zu vermeiden, werden Menüs mit Einstellvorgängen, wie z.B. »mehr/weniger«, mit einem Time-out von acht Sekunden nach Beendigung der letzten Einstellung versehen, der die Nutzer wieder automatisch in das nächsthöhere Menü zurückführt.

Das Bedienelement wurde in mehreren Vorversuchen aus einer Reihe von geeigneten Bedienelementen ausgewählt. Im Vorversuch wurden mehrere Eingabeelemente im Hinblick auf eine Eignung in der Versuchsreihe verglichen. Dabei wurde nach folgenden Kriterien entschieden: Die Auswahl eines Bedienelementes wie des Dreh-Drück-Knopfes empfiehlt sich nur bei der Verwendung einer tieferen Menüstruktur, da es relativ lang dauert, einen einzelnen Menüpunkt aus einer eindimensionalen Kreisstruktur auszuwählen. Bei der Verwendung des Dreh-Drück-Knopfes in der flachen Struktur würde dieses Bedienprinzip dadurch, dass mit dem Bedienelement sämtliche Menüpunkte übersprungen werden müssten um einen Menüpunkt auszuwählen, eine deutlich längere Zeit in Anspruch nehmen, was das Versuchsergebnis beeinträchtigen würde. Auf den Einsatz eines Touchscreens in der Mittelkonsole wurde aus Gründen der Verkehrssicherheit verzichtet, da eine Touchscreen-Oberfläche bei der Eingabe eine permanente visuelle Aufmerksamkeit der Fahrzeugnutzer bei der Betätigung benötigt und für die Verwendung im Fahrbetrieb zu wenig haptische Codierung aufweist. Zudem ermöglicht die kombinierte Anzeige und Betätigung mit einem Touchscreen oder auch Softkeys weder die Positionierung der Anzeigen im blickgünstigen Bereich noch eine Anordnung der Bedienelemente in einem Bereich mit einer sicheren Handauflage. Die Verwendung von Softkeys lässt ebenso nur eine beschränkte Flexibilität in der Gestaltung der Bildschirmoberfläche zu, was die Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Strukturen sehr erschweren würde. Ein Touchpad, wie es z.B. zur Steuerung von portablen Computern verwendet wird, wäre ebenso aufgrund der mangelnden haptischen Rückmeldung im Fahrbetrieb nur schlecht geeignet. Zudem wären feinmotorische Bewegungen durch die Vibrationen des Fahrzeugs beeinträchtigt. Die Vor- und Nachteile der jeweils gewählten Interaktionsform wurden bei der Erstellung der Bedienoberfläche berücksichtigt. Das werksseitig integrierte Audiobedienteil und die Klimaanlagebetätigung des Fahrzeugs wurden mit einer einfachen Blende abgedeckt, um die Versuchspersonen nicht von der Versuchsdurchführung abzulenken.

## Gestaltung der Bildschirmoberfläche

Bei der Darstellung der Bildschirmgrafik sollte eine möglichst übersichtliche Darstellung verwendet werden. Es sollte eine Darstellungsart gefunden werden, die sowohl für die tiefe als auch die flache Struktur gleichermaßen geeignet ist. Sämtliche Funktionen in beiden Strukturen sollten nach einem einheitlichen Bedienprinzip bedient und angezeigt werden. Soweit möglich, wurden sämtliche Menüpunkte als Volltext dargestellt. Bei Funktionen, bei denen nach ISO 2575 ein Symbol vorlag, wurde dieses verwendet. Um die Lesbarkeit des Textes unter sämtlichen Umgebungsbedingungen zu gewährleisten und bei Dunkelheit den Nutzer nicht zu blenden, wurde eine Negativdarstellung der Schrift (helle Schrift auf dunklem Hintergrund) gewählt. Während alle anwählbaren Menüpunkte in Weiß dargestellt waren, wurde ein dunkler, graublauer Hintergrund (RGB 26/38/70) ausgewählt, der für die Darstellung in der verwendeten reflektiven TFT-Monitortechnik unter diversen Umgebungsbedingungen einen optimalen Kontrast liefert. Die Hintergrundfarbe wurde vorher in mehreren Tests unter unterschiedlichen Umgebungsbedingungen aus einer Reihe von Farbvorschlägen ausgewählt. Als Schriftart wurde eine serifenlose Großschreibung vom Schrifttyp »BMW Type Roman 55« mit einer Buchstabenhöhe von 7 mm (0,012217') verwendet. Der Cursor wurde in auffälligem Orange-Gelb ausgeführt (RGB 250/127/0), um eine möglichst hohe Aufmerksamkeit auf den Cursor zu erhalten. Der Cursor war dabei als Rahmencursor ausgeführt, d.h. der Cursor verdeckt nicht den ganzen Teil des Menüpunktes sondern lässt die beschriebene Fläche frei. Ein gedrückter, aktiver Menüpunkt wurde durch eine deutliche Veränderung einer erhabenen Schaltfläche in eine gedrückte Schaltfläche mittels Farb- und Geometrieänderung dargestellt.

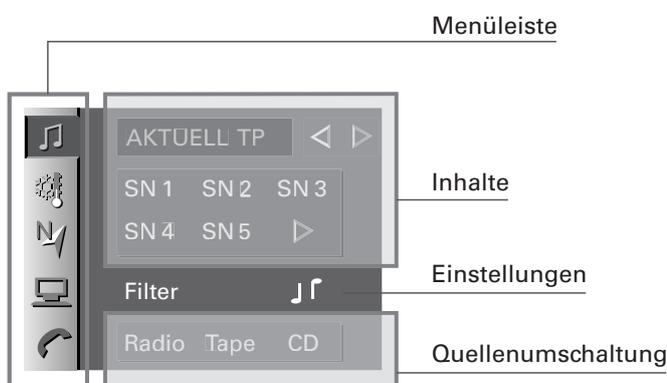


Abbildung 6.4:  
Prinzipieller Aufbau der Menüs  
(Beispiel Audio-Radio)

Die Bildschirmdarstellung setzt sich aus einer Menüleiste zum Aufruf der Hauptmenüs auf der linken Seite des Monitors und einer menüspezifischen Anzeige- und Bedienfläche auf der rechten Seite des Bildschirms zusammen. Innerhalb der Menüs wird unterschieden zwischen Bedien- und Anzeigeflächen. Dabei unterscheiden sich reine Anzeigeflächen, die nur zur Informationsdarstellung dienen, wie z.B. der Anzeige des eingestellten Senders im Radio oder der Spielzeit im CD-Menü, dadurch, dass sie nicht als erhabene Schaltflächen erscheinen, sondern die Information direkt auf dem Hintergrund, der bei Anzeigeflächen analog zu monochromen Radiodisplays in Schwarz gehalten ist, darstellen. Zudem wird Text in einer Anzeigefläche in einer anderen Farbe (Orange, RGB 250/127/0) dargestellt. Anwählbare Bedienflächen werden in sämtlichen Menüs in der gleichen Farbe und Darstellungsart (Weiß, RGB 255/255/255) dargestellt. Zusammengehörige Funktionen wurden aus

Gründen der Übersichtlichkeit in einem grafisch durch eine Kontrastlinie abgegrenzten Feld zusammengefasst. Funktional zusammengehörige Funktionen wurden grafisch zusammengefasst. Wichtigere Funktionen aus Kapitel 5.2.4 wurden dabei zusätzlich abgesetzt. Abbildung 6.3 zeigt das prinzipielle Layout der Menüoberfläche.

Die Hauptmenüs, die mit der Menüleiste auf der linken Seite ausgewählt werden, sind folgendermaßen von oben nach unten unterteilt:

- Audio mit den Inhalten Radio, CD, Kassettenbetrieb und Klangeinstellungen,
- Navigation,
- Bordcomputer,
- Klimateinstellungen,
- Telefon.

Die Funktionen innerhalb der für den Versuch relevanten Menüs sind Abbildung 6.5 für die flache und Abbildung 6.6 für die tiefe Struktur zu entnehmen. Die Funktionen Navigation und Bordcomputer waren nicht Bestandteil des Versuchs.



Abbildung 6.5: Bildschirmoberflächen von flacher Struktur

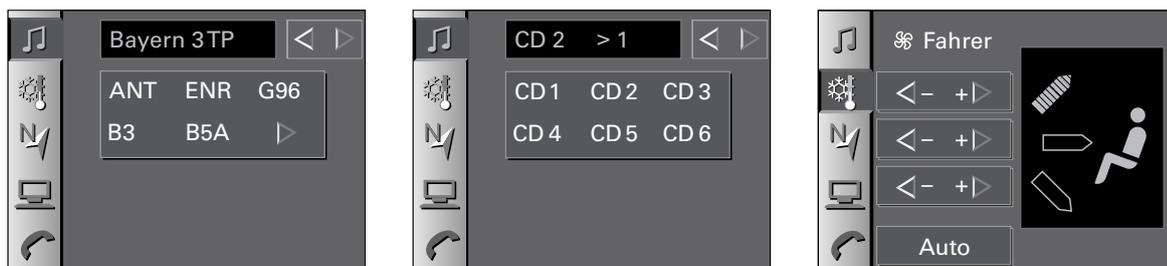
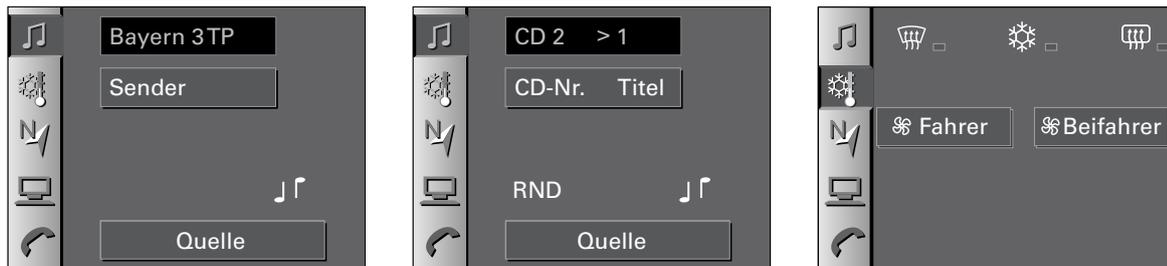


Abbildung 6.6: Bildschirmoberflächen von tiefer Struktur  
(Obere Reihe: Erste Menüebene; untere Reihe: letzte Menüebene exemplarisch)

Bei der Auswahl der Funktionsinhalte für den Versuch wurde versucht, möglichst viele Funktionen in das bildschirmorientierte System zu integrieren. Die Audioeinheit wurde mit den in Kapitel 5.2.4 gewonnenen Ergebnissen aufgeteilt in die Bereiche Quellenwahl, Einstellungen und Inhalt des jeweiligen Audiomoduls. Bei der Erstellung der tiefen Struktur wurde Wert darauf gelegt, den Inhalt der jeweiligen Menüs möglichst einfach zu halten und immer dann, wenn eine Entscheidungsmöglichkeit für den Nutzer in einer Situation besteht, in eine tiefere Menüebene zu verzweigen. Dies hat zur Folge, dass zur Auswahl von Menüpunkten immer ein Oberbegriff für diese Auswahl gefunden werden muss, der in die weiteren Menüebenen verzweigt. Es ergibt sich eine Menütiefe von bis zu maximal fünf Ebenen. Innerhalb der Menüs werden die Auswahlkriterien dadurch sehr einfach, es ist oft nur noch aus zwei verschiedenen Lösungen auszuwählen. Ein Vorteil dieser Lösung ist, dass eine Bedienungssequenz leicht unterbrochen und an der gleichen Stelle wieder aufgenommen werden kann. Die Suchzeiten für bestimmte Menüpunkte, und damit die Zeit der optischen Fixierung des Displays zur Ablesung, werden somit in mehrere kleine Sequenzen aufgeteilt. Die Aufteilung der einzelnen Funktionen für die jeweiligen Aufgabenstellungen sind im Vergleich zur flachen Struktur Abbildung 6.7 bis 6.10 zu entnehmen. Bei der flachen Menüstruktur wurde darauf geachtet, möglichst alle sinnvollen Möglichkeiten in einem Bildschirminhalt zusammen zu fassen. Es ergibt sich eine maximale Menütiefe von vier Ebenen. Der Vorteil besteht darin, dass nur selten zwischen den einzelnen Menüs gewechselt werden muss. Der Nachteil dieser Lösung besteht allerdings in der längeren Suchzeit in einem Menü und der damit verbundenen längeren Zeit, um diesen Menüpunkt mit dem Cursor zu erreichen. Dadurch sollten sich auch bei der Fixierung des Displays etwas längere, dafür weniger Sequenzen ergeben. Um trotz der höheren Anzahl von Menüpunkten die Menüs übersichtlich zu gestalten, wurden Funktionsgruppen gebildet, die grafisch in Blöcken zusammengefasst wurden. So wurde berücksichtigt, dass die erfassbaren psychologischen Einheiten von  $7 \pm 2$  Einheiten nicht überschritten werden.

Abbildung 6.7 zeigt die Menüebäume für das Beispiel »Radio«. Auf der linken Seite ist die Menüstruktur für das flache Menü dargestellt. Die einzelnen Menüebenen sind jeweils in der gleichen Graustufe gehalten. Man kann deutlich die Fülle von Menüpunkten innerhalb eines Menüs erkennen. Im Radio-Menü sind zwölf Menüpunkte gleichzeitig anwählbar. Die Menüs selbst sind zu logischen Gruppen zusammengefasst, die auch grafisch zusammengefasst sind (Siehe Abbildung 6.6). Auf die Anzahl der Menüpunkte innerhalb des Menüs hat die Gruppierung keinen Einfluss, vielmehr bringt sie dem Nutzer eine gewisse Übersichtlichkeit innerhalb der Menüs. Auf der rechten Seite ist im Gegensatz dazu der entsprechende Menübaum im tiefen Menü dargestellt. Man kann deutlich die stärkere Verzweigung der einzelnen Äste erkennen. Innerhalb des Menüs »Radio« befinden sich nur insgesamt drei Menüpunkte in der ersten Ebene. Das Menü selbst wirkt so reduziert, es ist jedoch, wie aus Abbildung 6.7 deutlich erkennbar, immer ein weiterer Schritt erforderlich, um letztendlich zur Ausführung des Menüpunktes zu gelangen.

Analog zum Radio-Menü ist auch das CD-Menü aufgebaut. Es ist in Abbildung 6.8 dargestellt. Das Menü ist, um eine Durchgängigkeit innerhalb des Gesamtsystems zu bekommen, auch grafisch ähnlich dem Radio-Menü aufgebaut. Ähnliche Funktionen werden auch mit ähnlichen Darstellungen angezeigt. Beispielsweise entspricht die Sendersuchlaufwippe

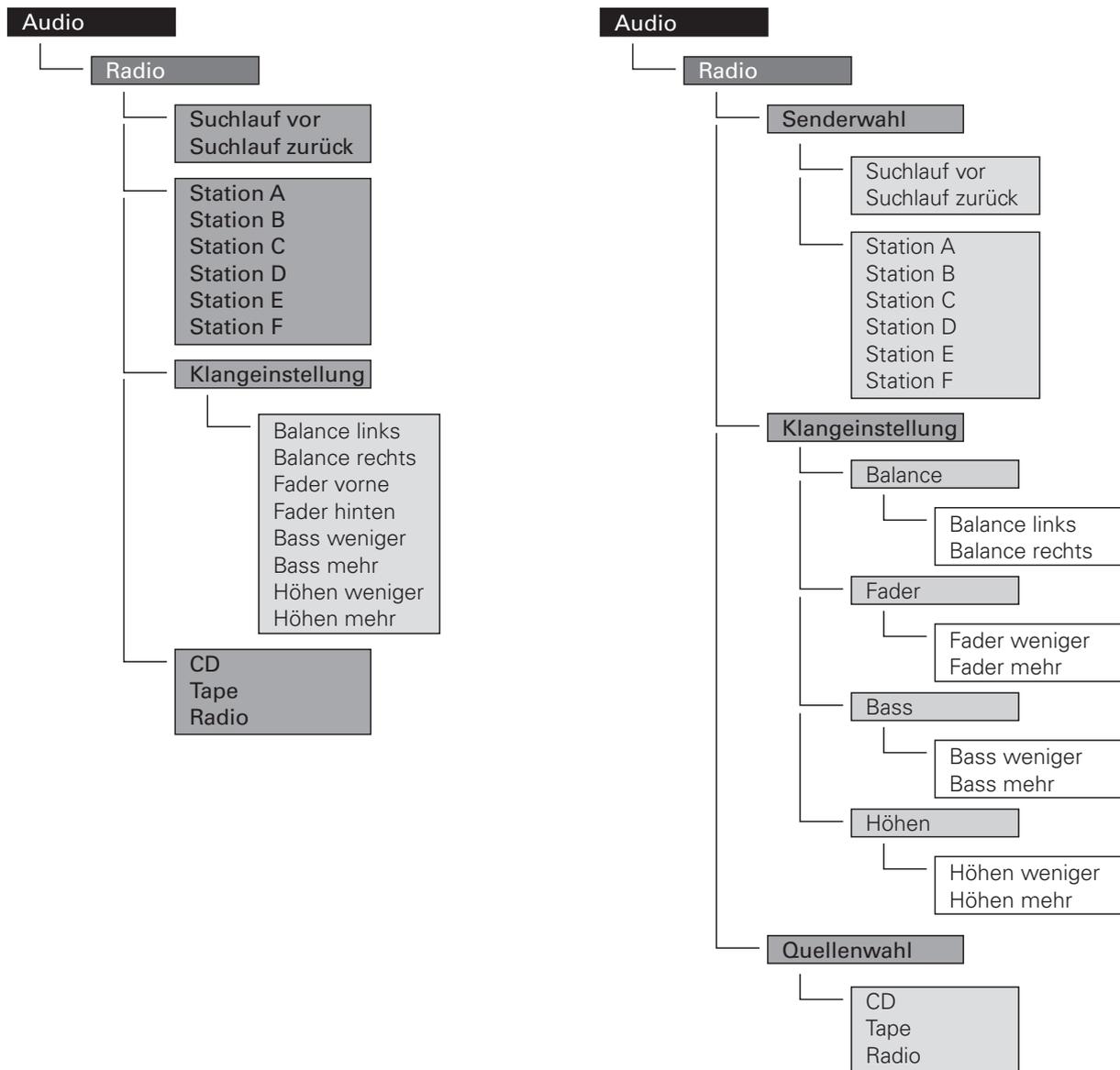


Abbildung 6.7: Aufteilung des Menüs »Radio« in flacher und tiefer Struktur

im Radio der Titelsprungfunktion im CD-Menü, wie es auch derzeit bei den meisten konventionell zu bedienenden Autoradios realisiert ist. Das Klangmenü ist analog zum Radio aufgebaut.

Abbildung 6.10 zeigt das Menü »Klima«, ebenso wie bei den Audiomenus links in flacher Struktur und rechts in tiefer Struktur. Die drei Funktionen »Heckscheibenheizung«, »Defrost« und »Klimakompressor« sind in beiden Varianten auf der obersten Ebene ausgeführt. In der flachen Struktur sind sämtliche Einstellfunktionen der Luftverteilung für Fahrer und Beifahrer in der gleichen Ebene dargestellt. Zusammengehörige Funktionen sind grafisch in entsprechenden Gruppen vereint. Die Funktionen »mehr/weniger« sind jeweils mit zwei Pfeilsymbolen dargestellt.

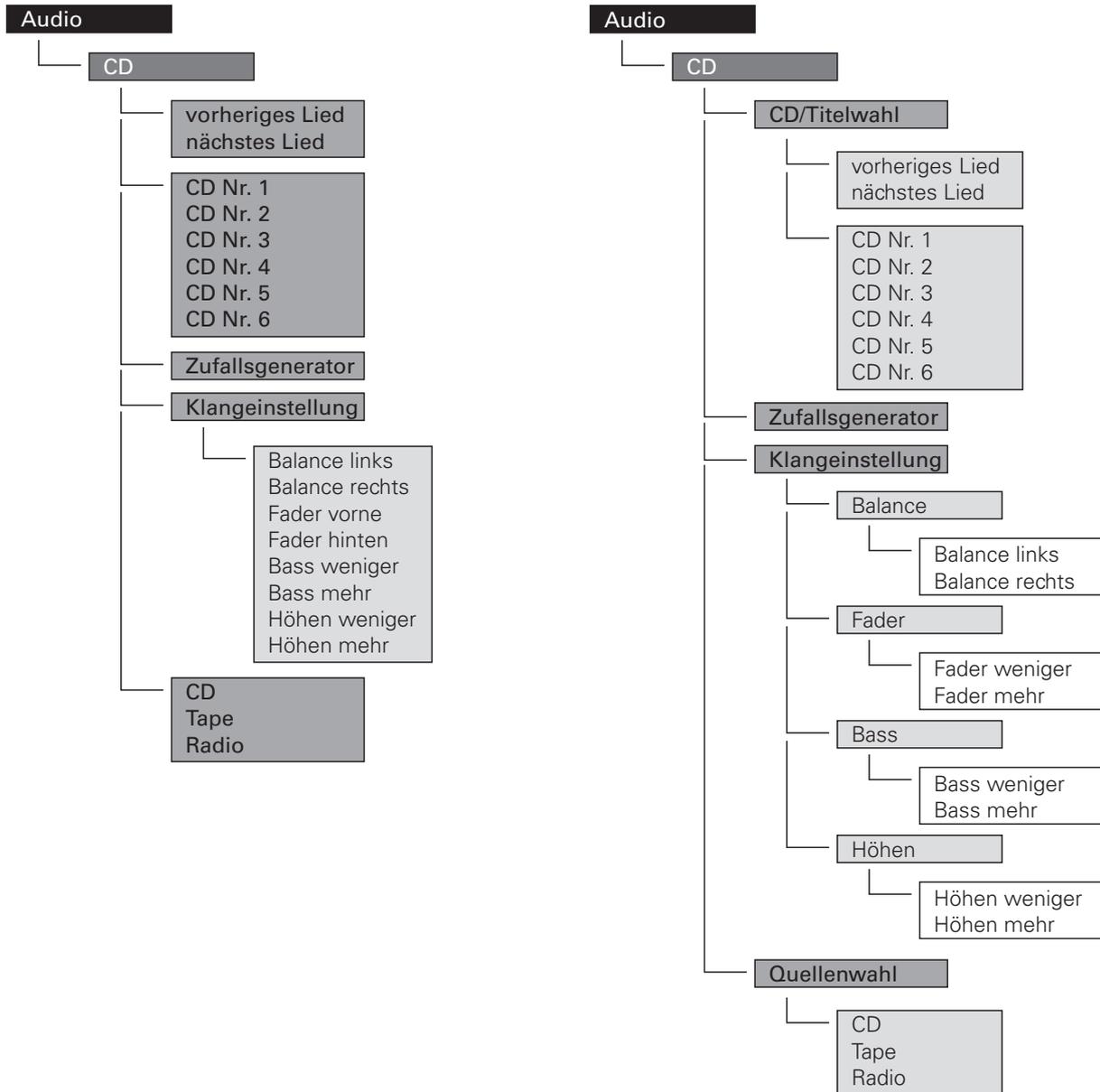


Abbildung 6.8: Aufteilung des Menüs »CD« in tiefer und flacher Struktur

Die Struktur des Menüs »Telefon«, das zur Eingewöhnung der Versuchspersonen an das Gesamtsystem und zum Training verwendet wurde, ist in Abbildung 6.9 aufgezeichnet. Da es beim Training lediglich um die Gewöhnung an das Bedienelement, die Cursorführung, das Auslösen der Funktion und das Versuchsfahrzeug im Allgemeinen ging und das Telefonmenü selbst nicht Bestandteil der Vergleiche zwischen tiefer und flacher Struktur war, konnte darauf verzichtet werden, dieses Menü zusätzlich in der tiefen Struktur darzustellen.



Abbildung 6.9: Aufteilung des Menüs »Telefon«

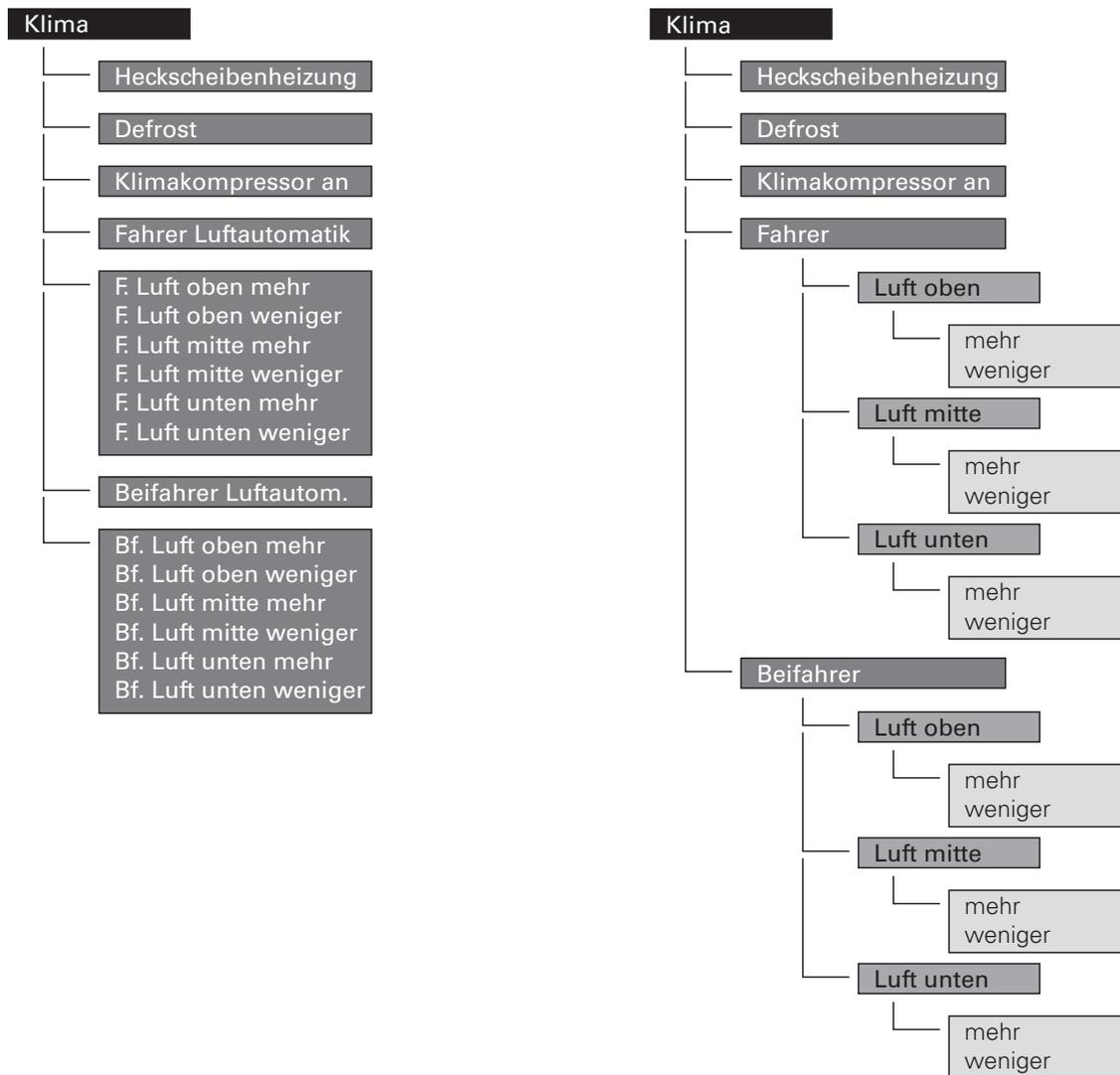


Abbildung 6.10: Aufteilung des Menüs »Klimaeinstellung« in flacher und tiefer Struktur

## 6.2.3 Versuchsdurchführung

### 6.2.3.1 Auswahl der Versuchspersonen

Am Versuch nahmen 24 Versuchspersonen teil. Diese Anzahl der Versuchspersonen ergibt sich durch die systematische Variation der Reihenfolge tiefe Struktur und flache Struktur sowie Standversuch und Fahrversuch. Durch die systematische Permutation der Reihenfolge der Aufgaben Stand- zu Fahrbetrieb und tiefer Struktur zu flacher Struktur ist davon auszugehen, dass sich Einflüsse von Lerneffekten der Versuchspersonen auf die Bewertung und Qualität der Aufgabenbearbeitung im Mittel aufheben. Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgte aus der Versuchspersonen-Datenbank der BMW Group. Dabei wurde darauf Wert gelegt, eine möglichst breit angelegte Versuchspersonen-Gruppe bezüglich Vorbildung und Erfahrung mit Bordmonitorsystemen zu rekrutieren. Mit Rücksicht auf Geheimhaltungsvorschriften und aus versicherungstechnischen Gründen wurden ausschließlich Mitarbeiter der BMW Group als Versuchspersonen eingesetzt.

### 6.2.3.2 Versuchsdauer

Der Versuch dauerte pro Versuchsperson ca. zwei Stunden.

### 6.2.3.3 Versuchsort und -strecke

Die Standversuche wurden zum Großteil auf einem Parkplatz auf dem Firmengelände durchgeführt (*Knoll, 1997*). Falls sich durch die Variation der Versuchsreihenfolge eine entsprechende Kombination Fahr-, Stand- und danach Fahrversuch ergab, wurden die Standversuche auf öffentlichen Parkplätzen auf der Versuchsstrecke durchgeführt. Die Fahrversuche wurden alle, wie bereits im Versuch aus Kapitel 5.2, im realen Straßenverkehr durchgeführt. Dabei ist für alle Versuchspersonen die gleiche Versuchsstrecke ausgewählt worden, die zum größten Teil aus einer Autobahnfahrt auf einem zweispurigen, wenig befahrenen Streckenabschnitt der A92 besteht. Der Anteil an Autobahnfahrt der kompletten Versuchsstrecke betrug 60 % der Fahrzeit, aber ca. 85 % des zurückgelegten Weges. Dies entspricht nach *Fastenmeyer (1995)* einer typischen Wochenendfahrt. Ein überwiegender Anteil an Autobahnfahrt wurde außerdem gewählt, da so die Geschwindigkeitserfassung durch den Versuchsleiter relativ leicht nachvollzogen werden konnte. Die Versuchspersonen wurden bei den Versuchen, die während der Fahrt durchgeführt wurden, gebeten, sich an eine Geschwindigkeit von 130 km/h bis maximal 140 km/h zu halten, um annähernd gleiche Versuchsbedingungen für alle Probanden zu gewährleisten.

### 6.2.3.4 Versuchsablauf

Zunächst hatten die Versuchspersonen einen allgemeinen Fragebogen bezüglich ihrer Fahr- erfahrung, ihres Umgangs mit dem Automobil im Allgemeinen und zu ihren Nutzergewohnheiten im Umgang mit technischen Geräten zu beantworten. Während des praktischen Versuchsabschnitts sollten die Versuchspersonen vom Versuchsleiter gestellte Aufgaben mit Hilfe des Fahrerinformationssystems lösen. Die unterschiedlichen Varianten wurden den Versuchspersonen in unterschiedlicher Reihenfolge dargeboten. Dabei wurde vom Versuchsleiter registriert, ob die Aufgabe vollständig erfüllt wurde, ob Fehler gemacht wurden und wenn ja, welche Art von Fehler gemacht wurden. Ebenso wurden bei den Fahrversuchen Fahrfehler vom Versuchsleiter registriert. Zum Abschluss der Versuchsreihe sollten die Versuchspersonen noch subjektive Bewertungen zu den einzelnen Varianten bzw. eine Gesamtbewertung des Systems abgeben.

### 6.2.3.5 Aufgaben der Versuchspersonen

Die Versuchspersonen sollten verschiedene Aufgaben zur Radio- und Klimabedienung einerseits während der Fahrt, andererseits im Stand nach einer fest vorgegebenen Reihenfolge bearbeiten. Die Reihenfolge der Aufgaben untereinander spielt insofern eine wichtige Rolle, da eine vorher genau vorgegebene Anzahl von Menüsprüngen und Bedienschritten zwischen den einzelnen Aufgaben erledigt werden sollte. Die Anzahl der Menüsprünge und -schritte ist jeweils davon abhängig, aus welchem Menü in das andere Menü gewechselt wird. Bei der Zusammenstellung der Reihenfolge der Aufgaben wurde dies explizit berücksichtigt. Die Aufgaben der Versuchspersonen beschränkten sich aus Zeitgründen auf das Audiosystem und die Klimaanlage. Diese Systeme wurden ausgewählt, da in diesen Bereichen auch ungeübte Nutzer Erfahrungen aus ihrem eigenen Automobil mitbringen

und so eine leichtere Bewertung machen können, da die meisten Versuchspersonen z. B. bei der Bedienung des Navigationssystems noch keinerlei Erfahrungen und somit auch kein Vergleichskriterium haben. Zudem sollten die Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen aus Abschnitt 5.2.4 verglichen werden können.

Da die Einstellung bzw. reale Anbindung von Klangfunktionen aus technischen Gründen zu aufwändig gewesen wäre, wurde auf die Klangeinstellungsaufgabe aus Versuch 5.2 (Aufgabe 3) verzichtet. Die Eingabe einer Telefonnummer in das Autotelefon, die nach dem gleichen Bedienprinzip funktioniert, wurde als Einführung in die Versuchsreihe verwendet, um die Versuchspersonen mit dem System vertraut zu machen. Die Menüs anderer Fahrzeugsysteme, wie Bordcomputer oder Navigationssystem, waren zwar Bestandteil des Versuchsaufbaus und auch funktionsfähig, aus Zeitgründen aber nicht Bestandteil der Untersuchung.

- |            |  |
|------------|--|
| Aufgabe 1) | Einen bestimmten Radiosender einstellen<br>(mit Hauptmenüwechsel)          |
| Aufgabe 2) | Einen neuen Radiosender einstellen<br>(ohne Hauptmenüwechsel)              |
| Aufgabe 3) | Einen bestimmten Titel auf einer bestimmten CD einlegen                    |
| Aufgabe 4) | Die Luftzufuhr im Fußbereich des Fahrers erhöhen<br>(mit Hauptmenüwechsel) |
| Aufgabe 5) | Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einlegen                       |
| Aufgabe 6) | Die CD wechseln  |
| Aufgabe 7) | Auf Radiobetrieb umstellen und einen bestimmten Sender<br>einstellen       |
| Aufgabe 8) | Klimaeinstellung: Die »Defrost«-Funktion aktivieren                        |

Die Aufgaben wurden so gestellt, dass sie immer an der gleichen Stelle der Versuchsstrecke gestellt wurden. Zudem wurde darauf Wert gelegt, dass zwischen den einzelnen Aufgaben genügend Zeit bleibt, damit sich die Versuchspersonen ohne eine Zusatzbetätigung voll auf den Verkehr konzentrieren können, um die Fahrsituation so realistisch wie möglich zu halten. Die Umgebungsbedingungen wie Witterung, Fahrbahnzustand und Verkehrslage wurden vom Versuchsleiter aufgezeichnet. Als zusätzliche Hilfe für die Auswertung wurden die Versuchspersonen und der Monitor mit einer Videokamera aufgezeichnet. Die Ergebnisse der Aufgabenbearbeitung wurden vom Versuchsleiter auf einem entsprechenden Begleitbogen registriert. Zur Bewertung der Fehler diente, wie in Kapitel 5.2, die Aufschlüsselung des Bedienvorgangs. Hierzu wurden sämtliche Aufgaben in Einzelaufgaben und die Einzelaufgaben wiederum in notwendige Handlungsschritte unterteilt. Der Fehler wurde in der Dokumentation dem jeweiligen Handlungsschritt zugeordnet.

### 6.2.3.6 Erfassung der Fahrgüte

Die Fahrgüte wurde vom Versuchsleiter durch Beobachtung der Spurhaltung und der Geschwindigkeit erfasst. Dazu wurde jeweils bei Aufgabenbeginn die aktuelle Geschwindigkeit abgelesen und in das Versuchsprotokoll vom Versuchsleiter eingetragen. Eine Geschwindigkeitsdifferenz innerhalb der Bearbeitungszeit der Aufgabe wurde vom Versuchs-

leiter registriert, wenn sie sich über zehn Stundenkilometer gegenüber der Geschwindigkeit zu Beginn der Aufgabe bewegte. Bei einer Geschwindigkeitsdifferenz von Beginn bis zur Beendigung der Aufgabe von mehr als 20 km/h wurde eine »starke Geschwindigkeitsänderung« aufgezeichnet. Ebenso wurden merkbare Spurhaltekorrekturen der Versuchspersonen während der Bearbeitungszeit vom Versuchsleiter schriftlich erfasst. Von einer Zeitmessung als Gütekriterium wurde, wie bereits in den Versuchen zur Analyse des Serienfahrzeugs, Abstand genommen, da die Bearbeitungszeit für die einzelnen Aufgaben stark von der entsprechenden Verkehrssituation und der damit verbundenen Belastung der Versuchspersonen abhängig war.

### 6.2.3.7 Subjektive Befragung

Im Anschluss an die Erledigung der Aufgaben sollten die Versuchspersonen die getestete Menü-Variante subjektiv bewerten. Die subjektiven Faktoren sollten von den Versuchspersonen jeweils getrennt für alle Menüs und getrennt nach Fahrbetrieb und Betätigung im Stand beurteilt werden. Dabei hatten die Versuchspersonen nach dem Schulnotensystem von »1« (sehr gut) bis »6« (ungenügend) folgende Kriterien zu bewerten:

- Wie leicht finden Sie das jeweilige System zu bedienen?
- Wie bewerten Sie die Systemübersichtlichkeit?
- Wie beurteilen Sie den Informationsgehalt der Menüs Audio, Klima etc.?
- Wie bewerten Sie die Übersichtlichkeit der Menüs?

Diese Art der Bewertung und die Interviewtechnik wurden für die Abfrage der subjektiven Faktoren im Fahrzeug ausgewählt, weil sie leicht vom Versuchsleiter während der Fahrt aufgenommen werden konnten. Außerdem hatten die Versuchspersonen dadurch die Möglichkeit, sowohl im Stand- als auch im Fahrbetrieb sofort nach der Erfüllung der Aufgabenstellung Kommentare abzugeben, ohne einen Fragebogen ausfüllen zu müssen. Am Ende der Versuchsreihe sollten die Versuchspersonen eine Gesamtbewertung und eine vergleichende Bewertung der beiden Varianten sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch durchführen. Zusätzlich zur subjektiven Bewertung der Erfüllung der Aufgabenstellungen wurde die Versuchsperson zu Beginn und zum Abschluss des Versuchs nach ihrer Erwartungshaltung zu Fahrerinformationssystemen allgemein befragt bzw. ob sich die Erwartungshaltung nach der Versuchsdurchführung bestätigt hat.

### 6.2.3.8 Technische Randbedingungen bei der Versuchsdurchführung

Ein Problem bei der Versuchsdurchführung waren die relativ langen Ansprechzeiten des Prototyping-Systems. Die von den Versuchspersonen aufgrund der langen Reaktionszeit gemachten Fehler, wie beispielsweise eine Doppelbetätigung aufgrund zu langsamer Systemrückmeldung, wurden jedoch vom Versuchsleiter dokumentiert und bei der Auswertung berücksichtigt. Bei den Versuchen waren sowohl Rechts- als auch Linkshänder als Versuchspersonen beteiligt. Nach den Aussagen der Versuchspersonen hatten auch die Linkshänder keine Probleme, das Bedienelement, das mit der rechten Hand zu bedienen war, zu betätigen. Das im Versuch eingesetzte Bedienelement verfügte, weil es sich um ein Musterteil handelte, nicht über den optimalen Kraft-Weg-Verlauf. Durch die aufgrund der Modellbautechnik bedingte größere Schalteroberfläche im Vergleich zur ursprünglichen Geometrie der verwendeten Kreuzwippe stimmten die mechanischen Hebelwirkungen, die auf das

Bedienteil einwirken, nicht mehr mit dem für die Serienlösung optimierten Kraft-Weg-Verlauf des Bedienelements überein. Eine aufwändigere, funktionsfähige Modellerstellung mit einer angepassten Kennlinie wäre aus Kosten- und Zeitgründen jedoch nicht angemessen gewesen. In der Versuchsdurchführung zeigte sich die gewählte Lösung als sehr stabil. Durch die feinfühlige Haptik führten die Versuchspersonen keine zusätzlichen Fehlbedätigungen aus.

## 6.2.4 Ergebnisse

### 6.2.4.1 Explorationsphase

Die Versuchspersonen hatten vor dem eigentlichen Versuch die Möglichkeit, in einer Explorationsphase das System kennen zu lernen. Hierzu wurde im Telefonmenü eine beliebige Telefonnummer eingegeben. Diese Aufgabe wurde gewählt, weil so der Umgang mit dem Cursor und der »OK«-Taste möglichst oft verwendet wird und die Versuchspersonen somit einen guten Einblick in die Bedienstruktur bekommen. Zudem konnten sie sich mit dem Bedienelement vertraut machen. Nach der Explorationsphase wurden allgemeine Fragen zum Bediensystem an sich, zu bestimmten Nutzergewohnheiten sowie Erfahrungen mit Bordmonitorsystemen abgefragt.

### 6.2.4.2 Versuchspersonen

Die Altersverteilung der 24 Versuchspersonen ist in Abbildung 6.11 dargestellt. Neun der Versuchspersonen sind Frauen. Die Versuchspersonen verfügen über eine durchschnittliche Fahrpraxis von 22 Jahren. Mit dem privaten Fahrzeug werden im Durchschnitt 17.000 Kilometer zurückgelegt. Zwei Versuchspersonen besitzen ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe, sieben einen Bordcomputer. Keine der Versuchspersonen fährt privat ein Fahrzeug mit Navigationssystem.

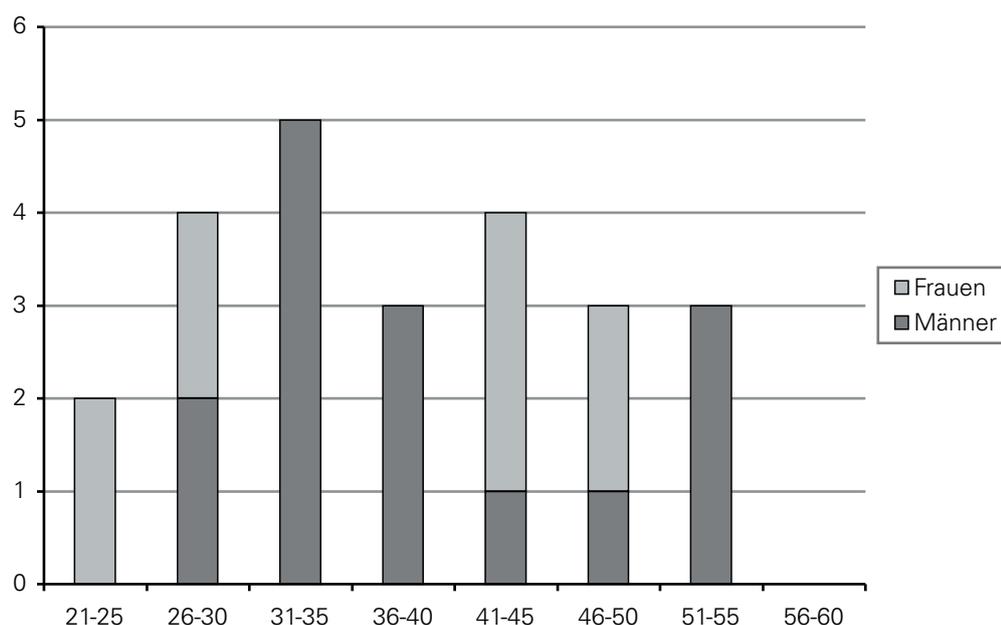


Abbildung 6.11:  
Altersverteilung der  
Versuchspersonen

Neun Versuchspersonen hatten noch nie ein Bordmonitorsystem bedient, zehn Personen sind mehr oder weniger vertraut mit dem BMW-Bordmonitorsystem »CARIN« (Einsatz z. B. im Fünfer Modell E39 bis 2003) und fünf Versuchspersonen kennen andere Systeme.

#### **6.2.4.3** Objektive Ergebnisse – Fehlermessung flache Struktur

Nachdem sich die Versuchspersonen mit dem Fahrzeug vertraut gemacht und sich Sitz und Lenkrad passend eingestellt hatten, wurde mit den Versuchen selbst begonnen. Je nach Versuchsperson wurde auf die Versuchsstrecke gefahren bzw. erst der Standversuch durchgeführt. Nachdem die jeweilige Aufgabe vom Versuchsleiter gestellt wurde, sollte der Proband diese bearbeiten und gleichzeitig kommentieren. Die Einzelhandlungen wurden vom Versuchsleiter mit dem entsprechenden Timecode aufgezeichnet, um eine spätere Videoanalyse zu erleichtern. Bei falsch bearbeiteten Aufgaben wurde der Grund der Fehlbedienung registriert. Die Fehler der Versuchspersonen wurden den aufgeschlüsselten Handlungsschritten zugeordnet, um eine detaillierte Fehlerbetrachtung durchführen zu können. Konnte eine Versuchsperson mehrere Teilaufgaben einer Aufgabe nicht lösen, so wurde dies bei der Bewertung der Gesamtaufgabe als ein Fehler gewertet, bei den Teilaufgaben jedoch explizit betrachtet.

Um die aufgetretenen Fehler bestimmten Tätigkeiten bei der Bedienung in einer Menüstruktur zuordnen zu können, wurden die Teilaufgaben zu bestimmten Themen zusammengefasst. Die Teilaufgaben können dabei in folgende Aufgabengruppen eingeteilt werden:

- Wechsel des Menüs auf oberster Ebene
- Wechsel des Menüs auf unterer Ebene
- Auswahl eins aus n
- Einstellvorgang

Diese Aufteilung ermöglicht in der späteren Auswertung die Zuweisung von Fehlerquellen auf allgemeine Aufgabengruppen. Daraus können dann Schwerpunkte zu einer verbesserten Gestaltung definiert werden. Die Tabellen mit den zugeordneten Fehlern sind dem Anhang IV–7 zu entnehmen.

#### **Aufgabe 1)** Einen neuen Radiosender einstellen (mit Hauptmenüwechsel)

Zum Lösen der Aufgabe waren zwei Teilaufgaben notwendig: Zunächst musste in das Radio-Menü gewechselt werden, anschließend musste der Sender, entweder über die Senderwippe oder die direkte Anwahl mittels beschrifteter Stationstaste, gewechselt werden. Die Aufgabe wurde sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch von allen Versuchspersonen richtig gelöst. Sämtliche Versuchspersonen wählten die direkte Anwahl des Senders aus der Senderliste, nicht die Variante der Senderwahl über die Suchlaufwippe. Im Fahrversuch traten vier Fahrfehler auf. Dabei handelt es sich je zweimal um einen Spurversatz und einen Geschwindigkeitsabfall. Eine Abhängigkeit der Fahrfehler zur Verkehrsdichte ist nicht zu erkennen.

#### **Aufgabe 2)** Einen neuen Radiosender einstellen (ohne Hauptmenüwechsel)

In der Aufgabe 2 mussten die Versuchspersonen eine Auswahl eins aus n treffen. Es war kein vorhergehender Menüwechsel notwendig, die Aufgabe bestand aus einer einzelnen

Teilaufgabe. Die Aufgabe wurde von allen Versuchspersonen sowohl im Stand- als auch im Fahrbetrieb richtig gelöst. Sämtliche Probanden, die in Aufgabe 1 Fehler machten, konnten in diesem Fall die Aufgabe vollständig lösen. Bei dieser Aufgabe traten im Fahrversuch keinerlei Fahrfehler auf.

**Aufgabe 3)** Einen bestimmten Titel auf einer bestimmten CD einlegen

Um die Aufgabe richtig zu lösen, war zunächst ein Menüwechsel innerhalb des Audiomenu notwendig. Anschließend musste die gewünschte CD ausgewählt und schließlich der Titel angespielt werden. Die Aufgabe setzt sich also aus drei Teilaufgaben zusammen. Diese Aufgabe wurde bei insgesamt 41 von 48 Versuchen richtig gelöst. Von den sieben Fehlern verteilen sich drei Fehler auf den Stand- und vier Fehler auf den Fahrversuch. Bezogen auf die Teilaufgaben wurde die Teilaufgabe 1 (Menüwechsel in ein Untermenü) von allen Versuchspersonen korrekt gelöst. Ein Fehler trat im Stand bei der Teilaufgabe 2 (Auswahl eins aus n) auf und die restlichen sechs Fehler wurden bei der Auswahl der gewünschten CD (Einstellvorgang) durchgeführt. In einem Fall wurde von der Versuchsperson eine leichte Spurkorrektur durchgeführt.

**Aufgabe 4)** Die Luftzufuhr im Fußbereich des Fahrers erhöhen

Zur richtigen Bearbeitung der Aufgabe musste zunächst ein Menüwechsel in das Klimamenü durchgeführt werden, anschließend die Luftzufuhr im Fußbereich des Fahrers erhöht werden. Die Aufgabe konnte 37-mal richtig gelöst werden. Dabei wurden sämtliche unkorrekten Aufgabenbearbeitungen in der zweiten Teilaufgabe (Auswahl eins aus n) durchgeführt. Verteilt auf Stand- und Fahrversuch fallen vier Fehler auf den Stand- und sieben Fehler auf den Fahrversuch. Im Fahrversuch wurde einmal ein Geschwindigkeitsabfall und ein Spurversatz registriert.

**Aufgabe 5)** Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einlegen

In dieser Aufgabe sollte aus dem Klimamenü wieder zurück in das Audiomenu gewechselt werden und ein bestimmter Titel auf der CD Nr. 2 angespielt werden. Dazu ist in der flachen Struktur zunächst ein Menüwechsel, dann die Auswahl der richtigen CD und schließlich der Titelsprung notwendig. Die Aufgabe ist ähnlich zu Aufgabe 3 gestellt, um Lerneffekte zwischen der ersten und zweiten Aufgabenschleife zu überprüfen. Die Aufgabe 5 wurde, wie auch Aufgabe 3, in 41 Fällen richtig gelöst. Es fallen vier Fehler auf den Stand- und fünf Fehler auf den Fahrversuch. Bezogen auf die Teilaufgaben wurde einmal ein Fehler beim Menüwechsel auf der obersten Ebene gemacht, ein Fehler bei der Auswahl der CD (Auswahl eins aus n) und fünf Fehler bei der Auswahl des richtigen Musikstücks. Bei einer Versuchsperson wurde während der Aufgabenbearbeitung während der Fahrt ein Geschwindigkeitsabfall, kombiniert mit einem Spurversatz, registriert. Die betroffene Versuchsperson hat die Aufgabe trotzdem richtig gelöst.

**Aufgabe 6)** Die CD wechseln

Um die CD zu wechseln, musste in der flachen Struktur die Nummer der gewünschten CD ausgewählt werden (Auswahl eins aus n). Die Aufgabe wurde von allen Versuchspersonen sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch vollständig richtig durchgeführt. Es traten keine Fahrfehler auf.

**Aufgabe 7)** Auf Radiobetrieb umstellen und einen bestimmten Sender einstellen

In der siebten Aufgabe sollten die Versuchspersonen zunächst auf Radiobetrieb umschalten (Menüwechsel untere Ebene). Danach sollte der gewünschte Sender, entweder mit der Sendertaste oder mit der Suchlaufwippe, eingestellt werden (Auswahl eins aus n). Die Aufgabe wurde bis auf drei Ausnahmen, wovon eine auf den Stand- und zwei auf den Fahrversuch fallen, richtig gelöst. Der Fehler im Standversuch wurde bei der Auswahl, die beiden anderen beim Menüwechsel durchgeführt. Auch bei dieser Aufgabe traten keine Fahrfehler auf.

**Aufgabe 8)** Ins Klimamenü wechseln und die »Defrost«-Funktion aktivieren

Zuletzt sollten die Versuchspersonen die »Defrost«-Funktion betätigen. Dazu mussten sie in der flachen Struktur zunächst in das Klimamenü wechseln (Menüwechsel oberste Ebene) und anschließend die Funktion auswählen (Auswahl eins aus n). Die Aufgabe wurde in 44 Fällen richtig gelöst. Viermal trat im Standversuch eine Verwechslung der »Defrost«-Symbolik mit der Heckscheibensymbolik oder der Klimakompressorfunktion auf (Auswahl eins aus n). Im Fahrversuch wurde die Aufgabe von allen Personen richtig gelöst. Bei der Beobachtung der Fahrfehler kam es einmal zu einem starken Geschwindigkeitsabfall und einmal zu einem leichten Spurversatz.

**6.2.4.4** Objektive Ergebnisse – Fehlermessung tiefe Struktur**Aufgabe 1)** Einen neuen Radiosender einstellen (mit Menüwechsel)

In der tiefen Struktur bestand die Aufgabe »Den Sender wechseln« aus drei Teilaufgaben: Zunächst musste in das Radio-Menü gewechselt werden, danach in den Menübereich »Senderwahl«. Anschließend musste der Sender, entweder über die Senderwippe oder die direkte Anwahl mittels der beschrifteten Stationstaste, eingestellt werden. Im Standversuch wurde die Aufgabe von drei Probanden nicht richtig gelöst. Eine Versuchsperson konnte die Teilaufgabe 1 nicht lösen. Diese Versuchsperson schaffte den Sprung ins Radio-Menü, wusste dann aber nicht, was zu tun war. Von jeweils einer Person wurde in Teilaufgabe 2 bzw. 3 der Cursor auf eine falsche Auswahl positioniert und ausgelöst. Es wurde also ein Fehler bei einem Menüwechsel auf oberster Ebene gemacht, ein Fehler bei einem Menüwechsel in der unteren Ebene und ein Fehler bei einer Auswahl eins aus n. Im Fahrversuch wurde die Aufgabe von allen Versuchspersonen richtig gelöst. Im Fahrversuch wurde während der Bearbeitung der Aufgaben einmal ein starker Geschwindigkeitsabfall (> 20 km/h) registriert.

**Aufgabe 2)** Einen neuen Radiosender einstellen (ohne Menüwechsel)

Die zweite Aufgabe in der tiefen Struktur bestand darin, zunächst in das Untermenü »Senderwahl« des Radio-Menüs zu gehen und danach mit dem gewünschten Sender eine Auswahl eins aus n zu treffen. Diese Aufgabe wurde 48-mal von allen Versuchspersonen, sowohl im Stand- als auch im Fahrbetrieb, richtig durchgeführt. Im Fahrversuch traten zwei Fahrfehler auf. Dabei trat bei einer Versuchsperson ein leichter Spurversatz auf, bei einer anderen ein Geschwindigkeitsabfall über 20 km/h.

**Aufgabe 3)** Einen bestimmten Titel auf einer bestimmten CD einlegen

In der Aufgabe 3 waren fünf Teilaufgaben zu bearbeiten: Zunächst musste ein Menüwechsel innerhalb der Audiomenu durchgeföhrt werden (Menüwechsel untere Ebene), anschließend das Untermenü »CD-Nummer« angewählt werden (Menüwechsel untere Ebene). In diesem Menü sollte die Nummer der CD aus einer 6er-Auswahl gewählt werden (Auswahl eins aus n). Danach musste in das Titelmanü gesprungen (Menüwechsel untere Ebene) und schließlich der gewünschte Titel eingelegt werden (Einstellvorgang). Die komplette Aufgabe wurde insgesamt 32-mal richtig gelöst. Die Fehler in den Teilaufgaben verteilen sich folgendermaßen: Die Teilaufgabe 1 (Menüwechsel untere Ebene) konnte acht Mal nicht gelöst werden. Die meisten Versuchspersonen hatten Probleme damit, zu erkennen, ob ein Hauptmenüwechsel erforderlich ist oder nicht. Die Teilaufgabe 2 (Auswahl eins aus n) wurde dreimal nicht gelöst. Bei Teilaufgabe 3 (Menüwechsel untere Ebene) wurden sechs Fehler begangen, bei Teilaufgabe 4 (Auswahl eins aus n) zwei und bei der letzten Teilaufgabe (Einstellvorgang) wurde dreimal ein Fehler durchgeföhrt. Zwei Versuchspersonen begingen über alle Teilaufgaben mehr als einen Fehler. Bei drei Probanden trat bei Beobachtung der Fahrgüte ein starker Geschwindigkeitsabfall (mehr als 20 km/h) auf. Einer dieser drei Probanden hatte dabei Probleme mit der Erledigung der Aufgabe, die beiden anderen erfüllten die Aufgabe korrekt.

**Aufgabe 4)** Die Luftzufuhr im Fußbereich des Fahrers erhöhen

Zum Bearbeiten der Aufgabe musste zunächst ein Menüwechsel in das Klimamenü durchgeföhrt werden, anschließend der Fahrerbereich ausgewählt werden (Auswahl eins aus n) und dann die Luftzufuhr im Fußbereich erhöht werden (Einstellvorgang). Die Aufgabe wurde in 38 von 48 Fällen vollständig richtig gelöst. Sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch konnten jeweils fünf Versuchspersonen die Aufgabe nicht bewältigen. Bei den Teilaufgaben wurde kein Fehler bei der Menüauswahl in der obersten Ebene gemacht, ein Fehler bei der Menüauswahl in der unteren Ebene und neuen Fehler im Einstellvorgang, wovon fünf auf den Stand- und vier auf den Fahrversuch fallen. Es traten keine Fahrfehler auf.

**Aufgabe 5)** Ein bestimmtes Lied auf einer bestimmten CD einlegen

Zunächst musste in dieser Aufgabe ein Menüwechsel in das Audiomenu durchgeföhrt werden, dann das Untermenü »CD« ausgewählt werden. Im CD-Menü musste die CD mit der Nummer 2 eingelegt werden (Auswahl eins aus n) und anschließend der gewünschte Titel ausgewählt werden (Einstellvorgang). Die Aufgabe wurde in 42 Fällen richtig gelöst. Im Standversuch wurden zwei, im Fahrversuch vier Fehler gemacht. Bei den Teilaufgaben fallen jeweils ein Fehler auf die Teilaufgaben 1–3 (Menüauswahl oberste Ebene, Menüauswahl untere Ebene, Auswahl eins aus n) und zwei Fehler auf die Teilaufgabe 4 (Einstellvorgang). In einem Fall wurde bei der Fahrgütebeobachtung ein leichter Spurversatz festgestellt, in zwei Fällen ein Geschwindigkeitsabfall.

**Aufgabe 6)** Die CD wechseln

In der tiefen Struktur musste vor der Auswahl der gewünschten CD (Auswahl eins aus n) das Untermenü »CD-Nummer« aufgerufen werden. Diese Aufgabe wurde mit Ausnahme von zwei Fällen richtig gelöst. Dabei handelt es sich je einmal um einen Fehler in der ersten und zweiten Teilaufgabe. Es kam bei dieser Aufgabe zu keinem Fahrfehler.

**Aufgabe 7)** Auf Radiobetrieb umstellen und einen bestimmten Sender einstellen

Die Versuchspersonen mussten zur Bearbeitung dieser Aufgabe zunächst das Menü »Quellenumschaltung« auswählen, dann den Radiobetrieb (Auswahl eins aus n). Innerhalb dieses Menüs mussten die Versuchspersonen das Untermenü »Sender« anwählen und schließlich analog zur flachen Struktur den Sender auswählen. Die Aufgabe wurde in 41 von 48 Fällen korrekt ausgeführt. Es fallen sechs Fehler auf den Stand- und nur ein Fehler auf den Fahrversuch. Sämtliche Fehler, sowohl im Stand als auch während der Fahrt, wurden in der ersten Teilaufgabe, der Auswahl des Quellenmenüs, begangen. Es kam zu drei Fahrfehlern, jeweils starke Geschwindigkeitsabfälle.

**Aufgabe 8)** Ins Klimamenü wechseln und die »Defrost«-Funktion aktivieren

Da die »Defrost«-Funktion im tiefen Menü in der oberen Ebene platziert ist, ergeben sich die Unterschiede zum flachen Menü bei dieser Aufgabe nur in der Darstellung, da bei der tiefen Struktur im Vergleich zur flachen nur sehr wenig Menüpunkte dargestellt sind. Die Aufgabe wurde in 44 von 48 Fällen richtig gelöst. Die falschen Bearbeitungen verteilen sich mit jeweils zwei Fehlern auf Stand- und auf Fahrversuch. Die erste Teilaufgabe (Menüwechsel oberste Ebene) wurde dabei einmal falsch gelöst, während die Auswahl der Funktion (Auswahl eins aus n) dreimal nicht korrekt gelöst werden konnte. Diejenige Person, die bereits Probleme bei der Menüauswahl hatte, konnte auch nach der Korrektur dieses Fehlers die zweite Teilaufgabe nicht bewältigen. Bei der Fahrgüte-Erfassung kam es einmal zu einem Geschwindigkeitsabfall.

## 6.2.5 Auswertung

### 6.2.5.1 Vergleich der einzelnen Aufgaben

Die Auswertung der Daten erfolgte im Programm Excel. Als statistische Methoden wurden nach *Bortz, 2004* der Cochran-Test, der Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test sowie die Korrelationsanalyse eingesetzt. Die statistische Absicherung der Hypothesen erfolgte mit der Prüfung gegen den  $\alpha$ -Fehler. Er gibt die fälschliche Akzeptanz der Alternativhypothese  $H_1$  gegen die Nullhypothese  $H_0$  an. Dabei ist davon auszugehen, wenn der  $\alpha$ -Fehler  $< 5\%$  liegt, dass eine Signifikanz vorliegt, bei einem  $\alpha$ -Fehler  $< 1\%$  ist von Hochsignifikanz, bei einem Fehler  $< 0,1\%$  ist von Höchstsignifikanz auszugehen.

Um eine Signifikanz der Differenz der richtig durchgeführten Aufgaben über die einzelnen Aufgaben 1–8 nachzuweisen, wurde ein Cochran-Test (*Bortz, 2004*) über die acht Aufgaben durchgeführt. Da jede Versuchsperson die Aufgaben in jeder Struktur zweimal durchführt, können die Fehler bzw. richtigen Aufgaben für Stand- und Fahrversuch pro Aufgabe addiert werden. Es ergeben sich somit 48 Versuchsdurchläufe pro Aufgabe. Es zeigt sich sowohl bei der flachen als auch bei der tiefen Struktur eine höchstsignifikante Differenz zwischen den einzelnen Aufgaben, das heißt, es kann für die weitere Betrachtung von Unterschieden in der Qualität der Aufgabenbearbeitung ausgegangen werden. Auch bei der differenzierten Betrachtung der Teilaufgaben zeigt sich sowohl in der flachen als auch in der tiefen Struktur mit Hilfe des Cochran-Tests eine Höchstsignifikanz bezüglich der Unterschiede in der Aufgabenbearbeitung über alle Teilaufgaben des Versuchs. Auch bei zusätzlicher Betrachtung der jeweiligen Aufgaben in einem Einzelversuch (Flach–Stand, Flach–Fahrt, Tief–Stand

und Tief–Fahrt) zeigt sich für alle vier Versuchsreihen mittels Cochran-Test eine Signifikanz der richtig durchgeführten Aufgaben. Bei der Versuchsreihe »Tiefe Struktur Standversuch« sowie »Tiefe Struktur Fahrversuch« zeigt sich Hochsignifikanz, bei der »Flachen Struktur Fahrversuch« eine Höchstsignifikanz. Betrachtet man die einzelnen Teilaufgaben, ergeben sich ebenso signifikante Unterschiede bezüglich der einzelnen Teilaufgaben. Die Versuchsreihe Flach–Stand unterscheidet sich hochsignifikant. In der Versuchsreihe Fahr–Flach und Tief–Stand unterscheiden sich die Aufgaben höchstsignifikant. Es liegt somit ein signifikanter bzw. höchstsignifikanter Unterschied bei der richtigen Bearbeitung bezüglich der einzelnen Aufgaben vor. Somit ist auch davon auszugehen, dass sich die Aufgaben im Schwierigkeitsgrad voneinander unterscheiden. Abbildung 6.12 zeigt sämtliche Bearbeitungsfehler der Probanden, aufgeteilt auf die Versuchsreihen.

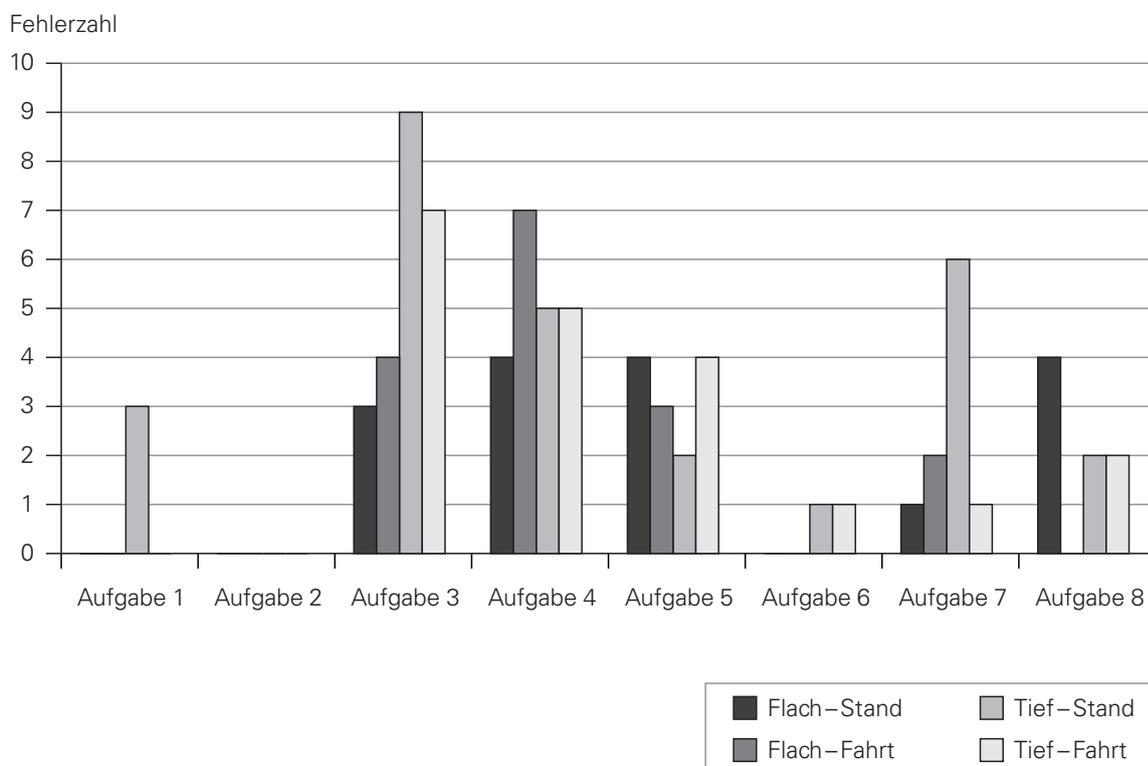


Abbildung 6.12: Darstellung der Fehler pro Aufgabe für alle vier Versuchsreihen

### 6.2.5.2 Tiefe Struktur zu flacher Struktur

Insgesamt wurden in jeder Struktur 384 Aufgaben von den Versuchspersonen bearbeitet. 312 Aufgaben konnten sowohl in der flachen als auch in der tiefen Struktur richtig gelöst werden, 40 Aufgaben wurden zwar in der flachen Struktur richtig gelöst, nicht jedoch in der tiefen, 23 Aufgaben konnten in der tiefen, nicht jedoch in der flachen Struktur gelöst werden und 8 Aufgaben wurden weder in der flachen noch in der tiefen Struktur richtig gelöst. Über einen Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Strukturen ausmachen. Die flache Struktur schneidet bezüglich der Bearbeitungsqualität in der Gesamtbetrachtung signifikant besser ab als die tiefe. Insgesamt wurden in der flachen Struktur über alle Aufgaben, sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch, 32 Aufgaben

nicht gelöst, in der tiefen Struktur 48 Aufgaben. Im Mittel (Zahl der Fehler durch Zahl der Aufgaben) werden also bei der flachen Struktur über alle 24 Versuchspersonen und zwei Versuchsdurchgänge (Stand und Fahrt,  $n=48$ ) vier Fehler pro Gesamtaufgabe gemacht, bei der tiefen sechs Fehler. Bei insgesamt 384 bearbeiteten Gesamtaufgaben pro Struktur insgesamt ergibt sich somit in der flachen Struktur eine relative Fehlerhäufigkeit (Quotient aus nicht erfüllten Aufgaben und bearbeiteten Aufgaben) von 8,3 % und bei der tiefen Struktur eine Fehlerquote von 12,5 %. Aufgeteilt auf Stand- und Fahrversuch ergibt sich bei der tiefen Struktur im Standversuch eine relative Fehlerhäufigkeit von 14,6 %, im Fahrversuch von 10,4 %. Für die flache Struktur sind beide Werte identisch mit 8,3 %. Mit Hilfe des Pearson-Tests, durchgeführt im Programm Excel, soll herausgefunden werden, ob eine Korrelation bezüglich der Versuchspersonen und zwischen den beiden Strukturen herrscht, beziehungsweise ob es Versuchspersonen gibt, die über beide Strukturen schlechter oder besser abschneiden. Der Korrelationskoeffizient beträgt »0«, d. h. es herrscht keinerlei Korrelation bzgl. Versuchspersonen und Struktur.

### 6.2.5.3 Standversuch zu Fahrversuch

Von insgesamt 384 durchgeführten Aufgaben konnten 312 Aufgaben von den Versuchspersonen sowohl im Stand- als auch im Fahrversuch korrekt ausgeführt werden. 37 Aufgaben wurden im Standversuch richtig, während der Fahrt jedoch falsch gelöst. 27 Aufgaben wurden im Fahrversuch korrekt ausgeführt und im Standversuch falsch und acht Aufgaben konnten weder im Stand- noch im Fahrversuch richtig gelöst werden. Mit Hilfe des Vier-Felder- $\chi^2$ -Tests lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Stand- und Fahrversuch nachweisen, was bedeutet, dass die Versuchspersonen im Fahrversuch signifikant mehr Fehler als im Standversuch machen. Es ist also von einem Einfluss der Fahraufgabe auf die Betätigung von Zusatzaufgaben auszugehen. Um eine Korrelation bzgl. Versuchspersonen und Versuchsbedingung (Stand bzw. Fahrt) nachzuweisen, wurde in Excel eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Der Korrelationskoeffizient über die Versuchspersonen beträgt 0,352. Es ist also lediglich eine Tendenz zu beobachten, bei der Versuchspersonen, die im Stand mehrere Fehler machen, auch dazu neigen, im Fahrversuch mehrere Fehler zu machen.

Es stellt sich nun die Frage, in wie weit Fehler beim Standversuch auf die zu erwartenden Fehler beim Fahrversuch schließen lassen. Hierzu ist eine Betrachtung der einzelnen Aufgaben notwendig. In Abbildung 6.12 sind die richtig gelösten Aufgaben im Stand- und Fahrversuch für die Aufgaben 1–8 gegenüber aufgetragen. Beim Vergleich der einzelnen Aufgaben treten lediglich bei der Aufgabe 7 signifikante Unterschiede bezogen auf Stand- und Fahrversuch auf. Die Kontrolle erfolgte hierbei mit dem Vier-Felder- $\chi^2$ -Test. Während Aufgabe 1 lediglich bei dem Vier-Felder- $\chi^2$ -Test nach McNemar signifikant unterschiedlich ist, ergeben sich für die Aufgaben 2, 3, 4, 5 und 8 keine signifikanten Unterschiede bezüglich Stand- und Fahrversuch, sowohl im Vier-Felder- $\chi^2$ -Test als auch im Vier-Felder- $\chi^2$ -Test nach McNemar. Der Korrelationskoeffizient über die Aufgaben zwischen Fahr- und Standversuch beträgt 0,857. Es kann also auf einen Zusammenhang zwischen Aufgabenqualität in Stand- und Fahrversuch geschlossen werden. Dies lässt den Schluss zu, dass eine Aussage bezüglich der Aufgabenqualität im Standversuch auch auf die Aufgabenqualität im Fahrversuch übertragen werden kann.

#### 6.2.5.4 Lernkurve

Da jeweils zwei Aufgaben mit ähnlichen Aufgabenfolgen gestellt wurden (Aufgabe 1 zu Aufgabe 5–Senderwahl; Aufgabe 2 zu Aufgabe 6–Moduswechsel; Aufgabe 3 zu Aufgabe 7–komplexe Aufgabe und Aufgabe 4 zu Aufgabe 8–Einstellaufgabe), kann anhand der entsprechenden Fehlerhäufigkeiten eine Aussage über das Lernverhalten der Probanden gemacht werden. Es stellt sich mit Ausnahme der flachen Struktur im Standversuch eine Verbesserung der relativen Fehlerhäufigkeiten beim Vergleich der zweiten Aufgabenschleife mit der ersten ein. Zur statistischen Absicherung des Lerneffekts wurde für die einzelnen Aufgabenpaare ein Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test nach McNemar durchgeführt. Da die Anzahl der Fehler teilweise unter fünf liegt, wurde darüber hinaus ein Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test nach Yates durchgeführt. Durch die vier Aufgabenpaare, verteilt auf die vier Versuchsreihen, ergeben sich 16 Paarungen, von denen sich bei vier Paarungen eine signifikante Steigerung ( $\alpha = 0,5\%$ ) der richtigen Aufgabenbearbeitung ergibt. In einem zusätzlichen Fall (Aufgabe 1 zu 5; flache Struktur; Fahrversuch) ergibt sich eine signifikante Steigerung bei dem McNemar-Test, nicht jedoch bei dem Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test nach Yates. Es ist also, betrachtet über alle Versuchsreihen und Aufgaben, zumindest teilweise von einem Lerneffekt bei den Probanden auszugehen.

In der ersten Aufgabenschleife wurden bei der flachen Struktur insgesamt 173 Aufgaben korrekt gelöst, bei der zweiten 178. Bei der tiefen Struktur wurden bei der ersten Schleife 164 Aufgaben richtig durchgeführt, bei der zweiten 173. Eine signifikante Steigerung der richtigen Aufgabenbearbeitung lässt sich jedoch weder bei der flachen noch bei der tiefen Struktur nachweisen. Im Standversuch wurden in der ersten Aufgabenschleife 167 Aufgaben richtig gelöst, in der zweiten Aufgabenschleife 172. Im Fahrversuch steigert sich die Anzahl der korrekten Aufgabenbearbeitung von der ersten zur zweiten Schleife von 170 auf 179. Hier lässt sich im Standversuch eine signifikante Verbesserung nachweisen. Die statistische Überprüfung erfolgte mit dem Chi<sup>2</sup>-Test. Bezogen auf alle Versuche (Stand, Fahrt und tief bzw. flach) ergibt sich eine Steigerung der korrekten Aufgabenerfüllungen von 337 auf 351. Dabei wurden 309-mal die Aufgaben sowohl in der ersten als auch in der zweiten Schleife richtig ausgeführt, 28-mal haben sich die Versuchspersonen von der ersten zur zweiten Schleife verbessert, 42-mal verschlechtert und 5-mal konnten sie weder in der ersten noch in der zweiten die Aufgabe erfüllen. Eine signifikante Verbesserung, überprüft mit einem Chi<sup>2</sup>-Test, liegt jedoch auch in der Gesamtbetrachtung nicht vor. In der Gesamtbetrachtung ist also nicht von einem Übungseffekt auszugehen.

#### 6.2.5.5 Auswertung der Fahrgüte

Um signifikante Unterschiede der Fahrfehler über die einzelnen Aufgaben nachweisen zu können, wurde ein Cochran-Test durchgeführt. Bei der flachen Struktur unterscheidet sich die Fahrfehlerzahl signifikant zwischen den Aufgaben. Bei der tiefen Struktur ist der Test nicht signifikant, d. h. die Fahrfehlerzahl der unterschiedlichen Aufgaben unterscheidet sich nicht nachweisbar. Dennoch ist bei der tiefen Struktur bei Aufgaben, die mehr als vier Handlungsschritte erfordern, bei je mindestens drei Fahrfehlern pro Aufgabe die Tendenz einer Zunahme von Fahrfehlern zu erkennen. Abbildung 6.13 zeigt die Anzahl von Fahrfehlern und Betätigungsfehlern für die flache, Abbildung 6.14 für die tiefe Struktur.

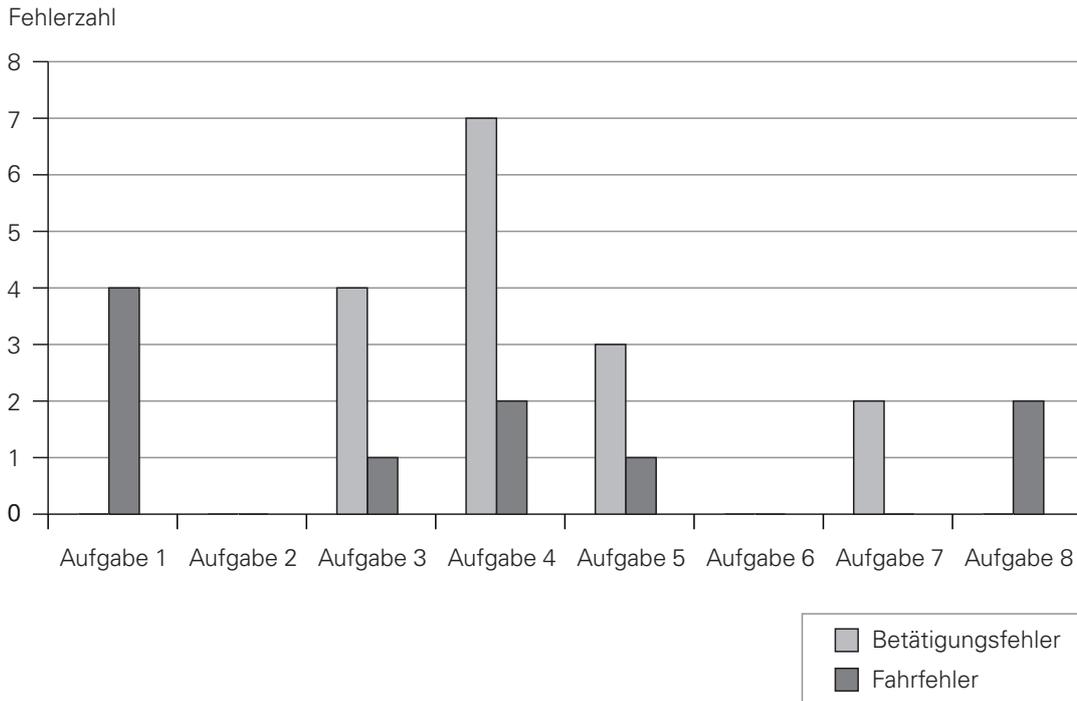


Abbildung 6.13: Darstellung der Fehler pro Aufgabe für die flache Struktur

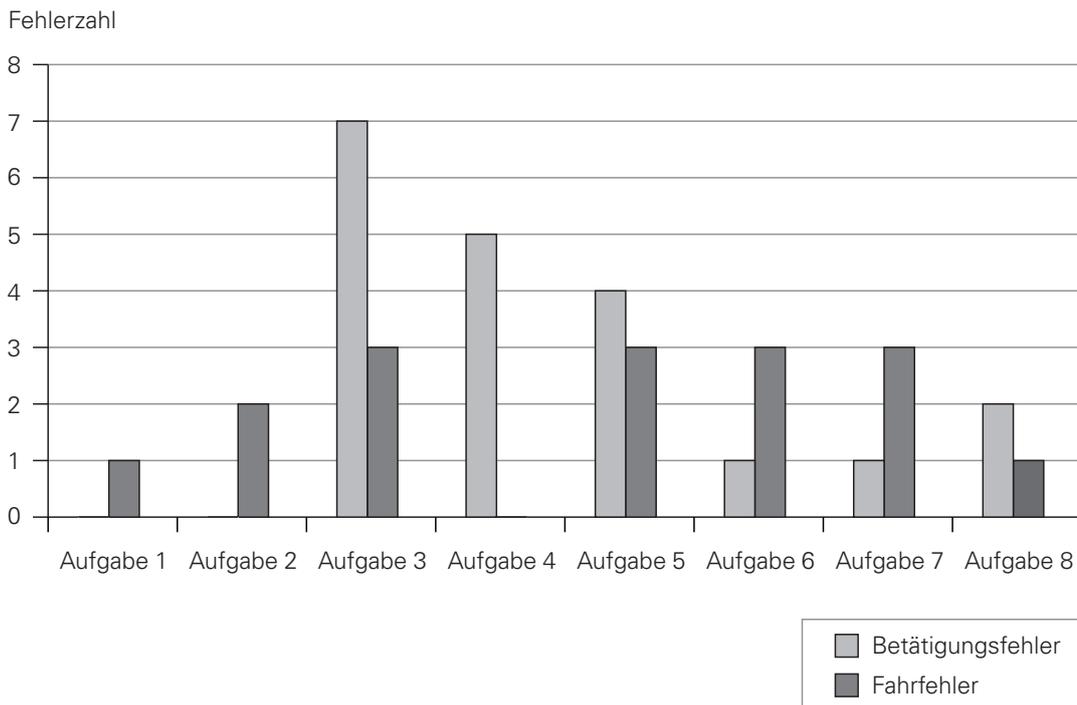


Abbildung 6.14: Darstellung der Fehler pro Aufgabe für die tiefe Struktur

Es stellt sich die Frage, ob sich die tiefe und die flache Struktur analog zu den Bedienfehlern auch in den Fahrfehlern unterscheiden. In der flachen Struktur wurden bei allen Aufgaben 10 Fahrfehler, in der tiefen 13 Fahrfehler gemacht. Im Mittel über alle 24 Versuchspersonen werden bei der flachen Struktur 1,25 Fahrfehler gemacht, bei der tiefen Struktur 1,625 Fahrfehler. Zudem ist das Verhältnis der Fahrfehler zu den Betätigungsfehlern bei der tiefen Struktur höher. Normiert auf einen Betätigungsfehler entfallen bei der flachen Struktur 0,625 Fahrfehler, bei der tiefen Struktur 0,65 Fahrfehler. Der Quotient aus Fahrfehler und

Anzahl der ausgeführten Aufgaben beträgt bei der flachen Struktur 5,2 %, bei der tiefen Struktur 6,7 %. Mit dem Chi<sup>2</sup>-Test konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Strukturen bezüglich der Fahrgüte festgestellt werden (Chi<sup>2</sup>=0,391). Es ist generell kein Zusammenhang zwischen Verkehrsdichte und richtiger bzw. falscher Aufgabenerledigung zu erkennen. Ein Zusammenhang zwischen Betätigungsfehlern und Fahrfehlern lässt sich ebenso wenig nachweisen. Bei denjenigen Aufgaben, bei denen sowohl keine Fahrfehler als auch keine Betätigungsfehler durchgeführt wurden, liegt zwangsweise eine Unabhängigkeit zwischen den beiden Fehlerarten vor. Um einen Zusammenhang bzw. eine Unabhängigkeit zwischen Fahr- und Betätigungsfehler der restlichen Aufgaben nachzuweisen, wurde ein Vier-Felder-Chi<sup>2</sup>-Test durchgeführt. Die Ergebnisse sind hier für alle Aufgaben, sowohl in flacher als auch tiefer Struktur, signifikant unabhängig. Das heißt, Versuchspersonen, die mehr Bedienfehler machen, tendieren nicht dazu, auch mehr Fahrfehler zu machen und umgekehrt. Es ist zudem kein Zusammenhang zwischen Verkehrsdichte und richtiger bzw. falscher Aufgabenerledigung zu erkennen.

Bei der qualitativen Bewertung der Aufgabenkomplexität, die aus der Anzahl der notwendigen Handlungsschritte resultiert, und den Fahrfehlern für die jeweilige Aufgabe lassen sich nur bei Aufgaben mit mehr als vier Handlungsschritten Tendenzen aufzeigen. Während bei der flachen Struktur kein Zusammenhang zwischen der Aufgabenkomplexität und den Fahrfehlern erkannt werden kann (Pearson-Korrelationskoeffizient von 0,1204), ist bei der tiefen Struktur die Tendenz der Zunahme von Fahrfehlern bei genau denjenigen Aufgaben zu beobachten, die mehr als vier Handlungsschritte erfordern (Pearson-Korrelationskoeffizient von 0,4246). Bei der Betrachtung über alle Aufgaben beider Strukturen lässt sich ein Zusammenhang zwischen Aufgabenkomplexität, resultierend aus den notwendigen Handlungsschritten, erkennen. Der Korrelationskoeffizient zwischen Anzahl der Teilaufgaben und Fahrfehlern pro Aufgabe beträgt hier 0,517. Wird eine Einteilung in Aufgaben kleiner zwei Teilaufgaben und Aufgaben größer zwei Teilaufgaben gemacht, beträgt der Korrelationskoeffizient 0,53.

In Abbildung 6.15 ist die relative Fehlerhäufigkeit im Vergleich zur Fahrgüte für die beiden Strukturen dargestellt. Sowohl in der relativen Fehlerhäufigkeit als auch in der Fahrgüte erweist sich die flache Struktur als vorteilhafter, eine Signifikanz lässt sich jedoch nur für die relative Fehlerhäufigkeit nachweisen.

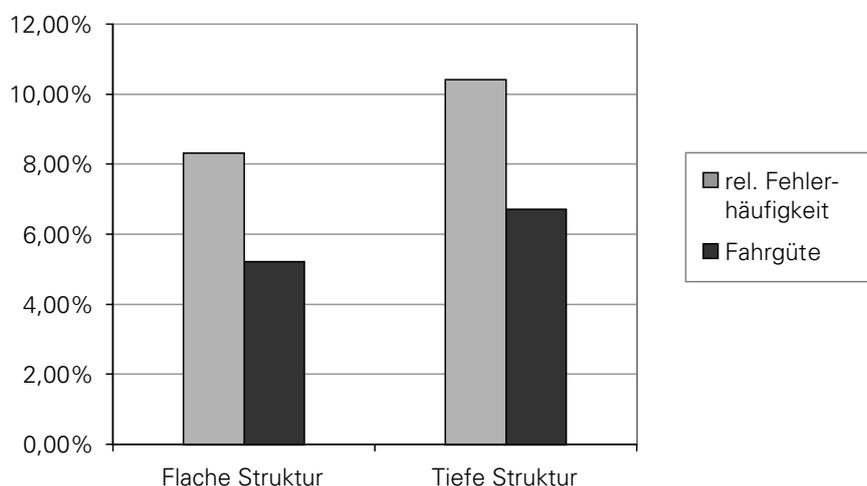


Abbildung 6.15:  
Relative Fehlerhäufigkeit und  
Fahrgüte der beiden Strukturen

### 6.2.5.6 Einfluss der Versuchsperson auf die Fehlerquote

Um eine Aussage über die Aufgabenqualität im Zusammenhang mit der Erfahrung der Versuchspersonen zu erhalten, sollen die Ergebnisse des Versuchspersonen-Fragebogens, mit den richtigen Aufgaben aus dem Versuch korreliert werden. Die Berechnung erfolgt mit dem Programm Excel. Beim Vergleich der richtig gelösten Aufgaben mit der Erfahrung im Umgang mit Bordmonitorsystemen ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von 0,534. Es ist also mit einer zunehmenden Anzahl von richtig gelösten Aufgaben bei Versuchspersonen mit Bordmonitor-Erfahrung zu rechnen. Dies bestätigt die Aussage aus Kapitel 5.2, in dem ein deutlicher Einfluss des Übungsgrades der Probanden auf die Aufgabenerfüllung nachgewiesen werden konnte. Beim Vergleich mit der Selbsteinschätzung der Versuchspersonen bezüglich Laie und Profi ergibt sich ein Koeffizient von 0,2978. Vergleicht man die Anzahl der gefahrenen Kilometer pro Jahr mit der Aufgabenqualität, ergibt sich sowohl über alle Aufgaben als auch über die Aufgaben im Fahrversuch keine Korrelation. Der Korrelationskoeffizient beträgt  $-0,15$  bzw.  $0,01$ . Es ist also von keinem Zusammenhang zwischen Fahrerfahrung und erhöhter Anzahl von korrekten Aufgaben auszugehen. Bei der qualitativen Betrachtung der Fehler in Zusammenhang mit dem Übungsgrad der Versuchspersonen fällt auf, dass geübte Anwender häufiger Fehler in der Ausführungsebene machen, während ungeübte Anwender häufiger Verständnisfehler ausführen. Dies lässt die Vermutung zu, dass geübte Anwender aufgrund des hohen Übungsgrades weniger konzentriert an die Aufgabe herangehen und bei hohem Übungsgrad durch die schnellere und automatisierte Betätigung verstärkt Ausführungsfehler auftreten können.

### 6.2.5.7 Fehlerarten der Aufgabenarten

In der flachen Struktur wurden bei den Hauptmenüwechseln über alle Aufgaben nur ein Fehler begangen. Verteilt auf die gesamte erforderliche Anzahl der Hauptmenüwechsel ergibt sich dadurch eine relative Fehlerhäufigkeit von 0,52 %. In der flachen Struktur war lediglich bei zwei Aufgaben eine Verzweigung in ein tieferes Menü notwendig. Es wurden insgesamt zwei Fehler bei dieser Aufgabenart begangen, dadurch ergibt sich eine relative Fehlerhäufigkeit von 2,08 %. Die Versuchspersonen begingen bei einer Auswahl eins aus  $n$  insgesamt 7 Fehler. Dies entspricht im Verhältnis zur Zahl dieser Aufgaben einer relativen Fehlerhäufigkeit von ebenso 2,08 %. Bei Einstellvorgängen wurden im Verhältnis zu den anderen Aufgabenarten relativ viele Fehler begangen, nämlich 22. Dies entspricht einer relativen Fehlerhäufigkeit von 15,28 %. Die Abbildung 6.16 zeigt die prozentuale Verteilung der Fehler auf die Aufgabenarten.

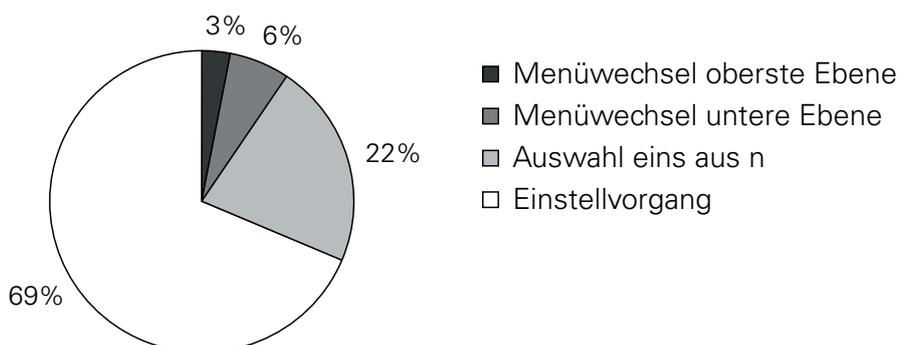


Abbildung 6.16:  
Prozentuale Verteilung der Fehler nach Aufgabenarten in der flachen Struktur

In der tiefen Struktur wurden 4 Fehler bei Hauptmenüwechseln ausgeführt. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 1,56 %. Bei einem Menüwechsel in einer unteren Ebene wurden über alle Aufgaben 26 Teilaufgaben fehlerhaft gelöst. Dies entspricht einer relativen Fehlerhäufigkeit von 6,02 %. Die Versuchspersonen haben 11 Fehler bei einer Auswahl eins aus n begangen, was einer relativen Fehlerhäufigkeit von 2,78 % entspricht. Bei Einstellvorgängen konnten insgesamt 12 Aufgaben, entsprechend einer relativen Fehlerhäufigkeit von 2,78 % nicht korrekt gelöst werden. Die prozentuale Verteilung der Fehler auf die Aufgaben-  
gruppen ist in Abbildung 6.17 dargestellt.

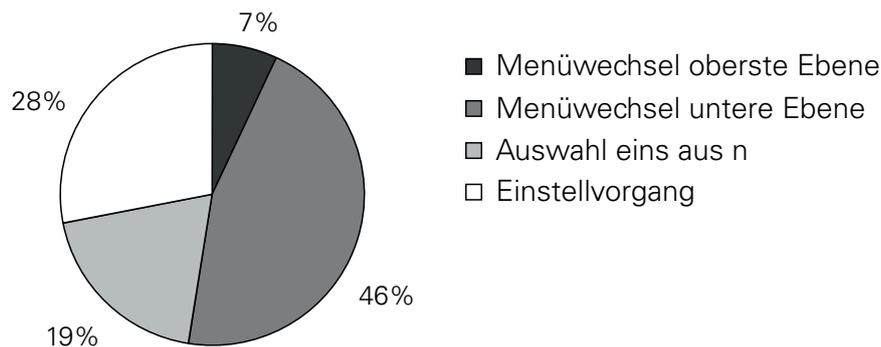


Abbildung 6.17:  
Prozentuale Verteilung der  
Fehler nach Aufgabengruppen  
tiefe Struktur

Auffallend ist sowohl in flacher als auch in tiefer Struktur die verhältnismäßig hohe relative Fehlerhäufigkeit bei Einstellvorgängen. Dabei verteilen sich die Fehler gleichmäßig nach Verständnisfehlern beim Auffinden der Funktion und der Ausführung der Betätigung an sich. Hier zeigt sich die schlechtere Eignung des Bedienprinzips mit Wippe und digitaler Anzeige für analoge Einstellvorgänge. Als bedeutendster Unterschied der beiden Strukturen kann eine erhöhte Fehlerhäufigkeit bei Menüwechseln auf der unteren Ebene in der tiefen Struktur erkannt werden. Es fallen fast die Hälfte (46 %) aller Fehler der tiefen Struktur auf die Menüauswahl in der unteren Ebene. Die dabei aufgetretenen Fehler sind hauptsächlich Verständnisfehler beim Auffinden der Funktion. Hier zeigt sich die Schwierigkeit der Versuchspersonen, konkrete Funktionen eher abstrakten Menüs zuzuordnen. Es zeigt sich aber auch die Fehleranfälligkeit bei der Auswahl von unteren Menüebenen, die deutlich größer ist als die Menüzuordnung in der obersten Ebene. Hier erweist sich die flache Struktur auch dadurch als fehlerresistenter, dass die Beanspruchung der Probanden durch notwendige Entscheidungen hier entfällt.

In der Aufgabe 8 sind die Fehler sowohl in der tiefen als auch in der flachen Struktur vor allem auf eine Verwechslung des genormten Defrost-Symbols mit einem anderen Symbol zurückzuführen. Diese Aufgabe zeigt vor allem die Gefahr der Vertauschung von ähnlichen Symbolen. Hier bestätigt sich die Untersuchung von *Heard (1974)*, die in einem Vergleich von genormten ISO-Symbolen nach ISO 2575 für das Fahrzeugcockpit eine häufige Verwechslung von ähnlichen Symbolen bestätigt. Vor allem bei den beiden Symbolen »Heckscheibe« und »Defrost«, die sich in ihrer Gestaltung nur durch eine unterschiedliche Geometrie des symbolisierten Fensters unterscheiden, tritt bei *Heard* eine enorme Häufung von Verwechslungen der ISO-Symbole auf, die in diesem Versuch bestätigt werden kann.

Betrachtet man die Fehler in den einzelnen Handlungsschritten der Teilaufgaben, so fallen folgende relativen Fehlerhäufigkeiten (Anzahl der Fehler pro Handlungsschritt durch Anzahl der Teilaufgaben) für die Handlungsschritte an:

**Flache Struktur:**

Auffinden der Funktion:	1,82 %
Erkennen der Betätigungsart:	0,13 %
Betätigung:	1,95 %
Erfassung der Betätigungsrückmeldung:	0,00 %
Erfassung der Systemrückmeldung:	0,26 %

**Tiefe Struktur:**

Auffinden der Funktion:	2,67 %
Erkennen der Betätigungsart:	0,00 %
Betätigung:	1,83 %
Erfassung der Betätigungsrückmeldung:	0,00 %
Erfassung der Systemrückmeldung:	0,25 %

Hier zeigt sich die flache Struktur im Vergleich zur tiefen fehleranfälliger bei der Betätigung an sich, während die tiefe Struktur häufigere Fehlbetätigungen im Auffinden der Funktion erkennen lässt. Im Klartext heißt das, dass die Versuchspersonen in der tiefen Struktur stärker damit beschäftigt sind, die Funktion zu suchen, während bei der flachen häufiger die Fehler auf der Ausübungsseite stattfinden.

### 6.2.5.8 Subjektive Bewertung

Nach der Explorationszeit wurden die Versuchspersonen nach ihren ersten Eindrücken zum bildschirmbasierten System befragt. Die Versuchspersonen konnten hierzu frei antworten, die Antworten wurden registriert und zusammengefasst. Dabei waren grundsätzlich pro Versuchsperson auch mehrere Aussagen, sowohl in die positive als auch in die negative Richtung möglich. Die Kommentare der Versuchspersonen wurden in die Gruppen »positiv«, »negativ« und »neutral« eingeteilt. Zudem wurde pro Versuchsperson eine Gesamtbewertung, die aus den Kommentaren resultierend gebildet wurde, gemacht. Analog wurde bei der Befragung zum Gesamtsystem nach Beendigung der Versuchsreihe vorgegangen. Zu Beginn der Versuchsreihe sahen das System zwölf Versuchspersonen eher positiv, fünf Versuchspersonen neutral und sieben Versuchspersonen eher negativ. Auffallend ist, dass sich ein Zusammenhang zwischen der Bewertung und dem Umstand erkennen lässt, ob die Versuchspersonen schon einmal ein Bordmonitorsystem bedient haben. Die meisten Versuchspersonen, die schon Erfahrungen mit einem Bordmonitorsystem hatten (neun von elf Versuchspersonen) bewerteten auch den ersten Eindruck als eher positiv, während sechs von neun Versuchspersonen ohne Bordmonitor-Erfahrung sich eher negativ äußerten. Die meisten positiven Kommentare der Versuchspersonen gehen in Richtung der Übersichtlichkeit im Fahrzeuginnenraum gegenüber einer konventionellen Lösung mit vielen Schaltern. Zudem wird die griffgünstige Lage des Bedienelements und die Lage des Monitors nahe am Verkehrsgeschehen als sehr positiv beurteilt. Bei den neutralen Bewertungen liegt meist eine Skepsis bezüglich der Bedienabläufe vor. Im Gegensatz dazu wird

die Idee bzw. das Konzept an sich hier grundsätzlich befürwortet. Die negativen Kommentare beziehen sich vor allem auf die Betätigungszeiten bzw. die komplexeren Betätigungsvorgänge im Vergleich zu konventionellen Systemen mit vielen Schaltern. Abbildung 6.18 zeigt die subjektiven Bewertungen der Probanden, unterteilt nach Versuchspersonen mit und ohne Bordmonitor-Erfahrung.

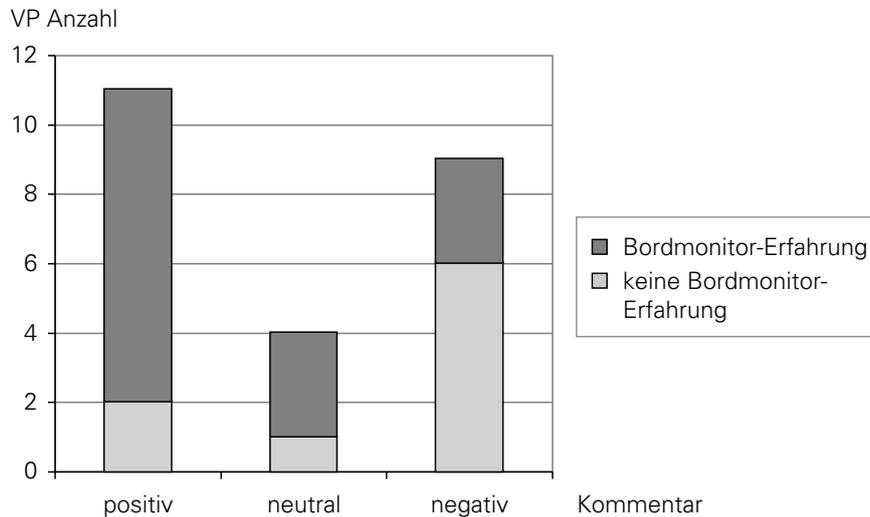


Abbildung 6.18: Subjektive Eindrücke der Versuchspersonen vor dem Versuch

Zum Abschluss der Versuche wurden die Versuchspersonen wiederum nach ihren persönlichen Eindrücken bezüglich des Gesamtsystems befragt. Nun bewerteten wiederum zwölf Versuchspersonen das System eher positiv, das Verhältnis neutral zu negativ verschiebt sich jedoch in Richtung neutral. Neun Versuchspersonen beurteilten das Gesamtsystem nun eher neutral, während nur noch drei Versuchspersonen das System eher negativ beurteilten. Es ist also von einer Akzeptanzsteigerung im Vergleich der Befragung vor der Versuchsreihe auszugehen. Um eine detailliertere Aussage bezüglich der subjektiven Bewertung machen zu können, sollen die Aussagen der einzelnen Versuchspersonen zu Beginn und am Ende des Versuchs nochmals explizit verglichen werden.

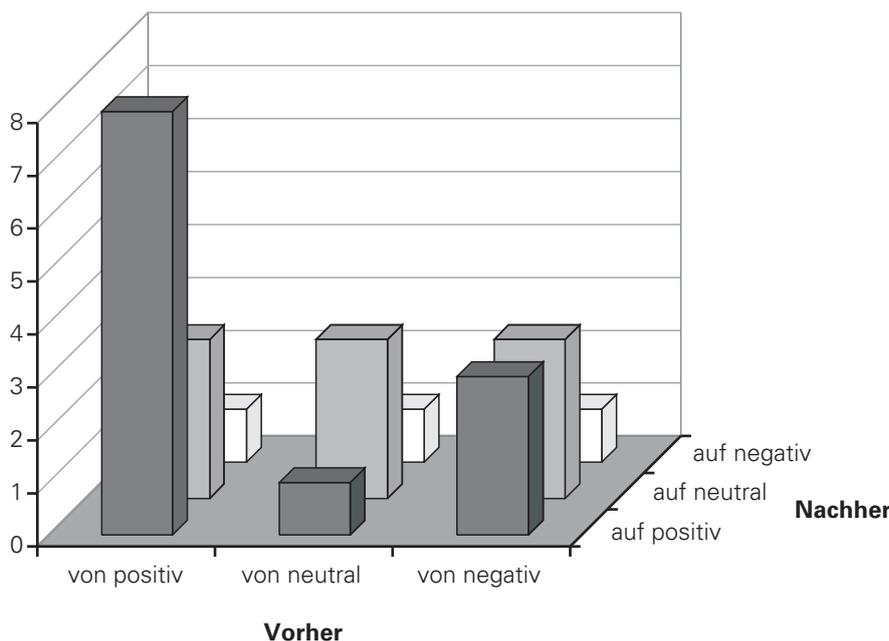


Abbildung 6.19: Änderung der subjektiven Eindrücke der Probanden vor und nach dem Versuch

Es stellt sich heraus, dass bei dreizehn Personen die Tendenz der Bewertung vor und nach dem Versuch gleich ist, bei vier Personen eine Verbesserung, also eine Steigerung von negativ auf neutral oder neutral auf positiv auftritt. Bei drei Versuchspersonen tritt sogar eine starke Verbesserung, also eine Steigerung von negativ auf positiv ein. Bei drei Versuchspersonen kommt es zu einer Verschlechterung, also Verschiebung von positiv auf neutral bzw. neutral auf negativ und bei einer Versuchsperson zu einer starken Verschlechterung, also Verschiebung der Bewertung von positiv auf negativ. Abbildung 6.19 zeigt die Tendenzen der einzelnen Versuchspersonen vor und nach der Versuchsreihe. Generell ist also von einer eher positiven Beurteilung des Gesamtsystems sowohl vor als auch nach der Versuchsreihe auszugehen, wobei durch die praktische Erfahrung mit dem System eine weitere Akzeptanzsteigerung bei den Versuchspersonen zu verzeichnen ist.

Neben der freien subjektiven Bewertung sollten die Versuchspersonen noch gezielt die Kriterien der geometrischen Anordnung sowie die beiden Strukturen und die Bildschirmdarstellung bewerten: Die Anordnung des Monitors und des Bedienteils wird von den Versuchspersonen durchweg positiv beurteilt. Die Blickzuwendungen zum Monitor bereiten den Versuchspersonen keine Schwierigkeiten, da sie das Verkehrsgeschehen auch weiterhin im Auge behalten können. Dies bestätigt auch die Auswertung des Videobandes, nach dem die Versuchspersonen kaum eine Kopfbewegung zum Ablesen des Monitors benötigen. Die Versuchspersonen haben dadurch deutlich sicherere Ablesevorgänge im Vergleich zu einer Positionierung des Bildschirms in der Mittelkonsole. Ebenso begrüßen die Versuchspersonen die Möglichkeit einer komfortablen Hand- und Armunterstützung während der Betätigung des zentralen Eingabeelements für das Fahrerinformationssystem. Die Trennung zwischen Anzeige- und Bedieneinheit bereitet den Versuchspersonen keinerlei Schwierigkeiten. Dies bestätigt auch die Ergebnisse von *Bengler et al. (2002)*, bei denen analoge Ergebnisse über einen Test bei dem Vergleich einer zentralen Anzeige zu einem konventionellen System im Fahrsimulator nachgewiesen werden können.

Von 24 Versuchspersonen bevorzugen auf die Frage: »Welche Struktur würden Sie bevorzugen?« 21 Versuchspersonen, dem entsprechen 87,5 % der Probanden, die flache Struktur. Nur drei Versuchspersonen präferieren die tiefe Struktur. Hier lässt sich also eine ganz klare Aussage bezüglich der subjektiven Präferenzen ausmachen. Zudem ergänzt sich die subjektive Präferenz der Versuchspersonen mit den objektiven Versuchsdaten. Die Versuchspersonen sollten die unterschiedlichen Strukturen nach jedem Versuch bezüglich der Kriterien »Einfachheit« und »Übersichtlichkeit« mit Noten von »1« bis »6« bewerten. Die flache Struktur wurde bezüglich des Kriteriums »Einfachheit« im Standversuch mit einer Durchschnittsnote von 2,23 (Standardabweichung 0,61) bewertet, im Fahrbetrieb mit 2,73 (Standardabweichung 0,83). Insgesamt ergibt sich für die flache Struktur der Mittelwert 2,47 mit einer Standardabweichung von 0,72. Die tiefe Struktur wurde im Standversuch mit 2,67 (Standardabweichung 0,94) im Fahrversuch mit 3,10 (Standardabweichung 0,86) beurteilt. Das Kriterium »Übersichtlichkeit« wurde bei der flachen Struktur im Standversuch mit 2,06 (Standardabweichung 0,73), im Fahrversuch mit 2,25 bewertet (Standardabweichung 1,05). Bei der tiefen Struktur wurde der Standversuch mit 2,48 (Standardabweichung 1,01), der Fahrversuch mit 2,41 (Standardabweichung 0,75) bewertet. Insgesamt ergibt sich für die tiefe Struktur der Mittelwert 2,88 mit einer Standardabweichung von 0,89. Auf-

fällig ist, dass sämtliche Menüs, obwohl es sich um die identischen Aufgaben und Menüs handelte, im Fahrbetrieb als weniger einfach bzw. unübersichtlicher bewertet werden. Werden explizit die einzelnen Bildschirminhalte abgefragt, schneiden die Menüs der tiefen Struktur besser ab, in denen deutlich weniger Informationsinhalte dargestellt werden. Die Übersichtlichkeit des Klimamenüs in der flachen Struktur wird durchschnittlich mit 2,80 bewertet (Standardabweichung 1,24), die des Radiomenüs mit 2,37 (Standardabweichung 0,92). In der tiefen Struktur beträgt der Mittelwert für die Übersichtlichkeit des Klimamenüs 2,06 (Standardabweichung 0,86), für das Audiomenü ebenso 2,06 (Standardabweichung 0,68). Die These, dass bei tieferen Menüstrukturen durch weniger Bildschirminhalte eine größere Übersicht in den Menüs herrscht, kann also in der subjektiven Bewertung bestätigt werden, wird jedoch bei der Gesamtbewertung nur gering priorisiert. Der Informationsgehalt wird gemittelt über alle Versuchspersonen und Versuchsreihen für die flache Struktur im Audiomenü auf 2,23 (Standardabweichung 0,80) und im Klimamenü auf 2,75 (Standardabweichung 1,07) beurteilt. Für die tiefe Struktur ergibt sich durch Mitteln der Benotung die Note 2,83 für das Audiomenü (Standardabweichung 1,25) und für das Klimamenü 2,91 (Standardabweichung 1,32). Auch hier schneidet also das flache Menü besser ab als das tiefe. Um den Zusammenhang zwischen den vergebenen Noten und den Bedienfehlern zu untersuchen, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt (Spearman-Rangkorrelation). Es ergeben sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den vergebenen Noten und den gemachten Bedienfehlern. Ebenso wurde, um den Zusammenhang der vergebenen Noten in den Einzelversuchen zu untersuchen, eine Spearman-Rangkorrelation durchgeführt. Es bestehen signifikante Zusammenhänge zwischen den Noten der Einfachheit der Menüs für Flach–Standversuch und Flach–Fahrversuch (Signifikanz auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) sowie für Tief–Stand und Tief–Fahrt (Signifikanz auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig)). Die Beurteilung im Stand und während der Fahrt hängt also stark zusammen, während global gesehen in der subjektiven Bewertung zwischen den beiden Menüstrukturen unterschieden wird. Die Ausnahme stellt der signifikante Zusammenhang Flach–Stand mit Fahrt–Tief dar, für den es keine Erklärung gibt. Ebenso liegen bei der Bewertung der Übersichtlichkeit der Menüs signifikante Zusammenhänge für die Paare Stand- bzw. Fahrversuch beider Strukturen vor (der Nachweis erfolgte mit der Spearman-Rangkorrelation). Es lässt sich also auch in der subjektiven Bewertung vom Standversuch auf den Fahrversuch schließen. Generell beurteilen fast alle Versuchspersonen die Werte »Lesbarkeit und Auflösung« mit besseren Noten als den Wert »Kontrast«, der mit einem durchschnittlichen Wert von 3,56 auf der Skala von »1« bis »6« bewertet wird. Dies zeigt, dass vor allem bei der kontrastreichen Darstellung Optimierungspotential herrscht, während die Parameter »Schrift« und »Auflösung« bereits einen zufrieden stellenden Wert erreicht haben (2,85 bzw. 2,83). Der Parameter »Farbgestaltung« wird von den Versuchspersonen sehr stark nach individueller subjektiver Bevorzugung bewertet. Der gesamte Durchschnittswert beträgt hier 3,15.

### 6.2.5.9 Interpretation der subjektiven Bewertung

Die Versuchspersonen bemängeln generell die langwierige Auswahl von Menüpunkten mit dem Bedienelement. Da die Wippe funktionsbedingt pro Betätigung nur einen Einzelschritt erlaubt, ist vor allem beim Überspringen von mehreren Menüpunkten häufiges Betätigen notwendig. Dies wird von den Versuchspersonen als umständlich empfunden. Ebenso ist

es durch das Bedienelement nicht möglich, möglichst rasch in ein anderes Menü zu gelangen. Von vielen Versuchspersonen wurden die langen Systemreaktionszeiten kritisiert. Dies lag unter anderem an der komplexen Darstellung bzw. der aufwändigen Plattform für die Simulation der Oberfläche im Zusammenspiel mit den realen Fahrzeugkomponenten.

Während bei der tiefen Struktur der Schwerpunkt der Fehler eher im Verständnis der Menüstruktur liegt, kommt es bei der flachen Struktur eher zu Ausführungsfehlern bei der Bedienung, also z. B. zur versehentlichen Auswahl eines anderen Menüpunktes im richtigen Menüweig. Diese Fehler werden dem System von den Versuchspersonen weniger angelastet als Verständnisfehler. Die exakte Erkennung des Systemzustandes bereitet bei der flachen Struktur weniger Probleme. Generell ist trotzdem noch starker Handlungsbedarf bei der Darstellung des aktiven Systemzustandes erkennbar. Zudem sollte der Unterschied zwischen Anzeigeflächen und Betätigungsmöglichkeiten deutlicher ausfallen. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Untersuchungen von *Herzceg (1994)* und *König (1992)*, nach denen eher flach gehaltene Menüs von den Versuchspersonen bevorzugt wurden. Dieses Ergebnis wird vermutlich noch verstärkt, wenn die flacheren Menüs mit einem anderen Bedienelement betätigt werden würden, bzw. wenn das Bedienelement ermöglichen würde, verschiedene Menüpunkte schneller anzufahren und auszuwählen. Die häufigeren Fehler bei der tieferen Struktur lassen sich auch aus der größeren Fehlerwahrscheinlichkeit, die sich aus den zahlreicheren Bedienschritten in dieser Strukturform ergibt, herleiten (*Nirschl, 1990*). Häufige Wechsel der Menüs werden von den Versuchspersonen als eher unangenehm empfunden, da durch die Vielfalt der unterschiedlichen Menüs die Übersichtlichkeit in der Gesamtstruktur verloren geht. Da bei der tieferen Struktur noch mehr Menüsprünge notwendig sind, leidet auch die Gesamtübersichtlichkeit des Systems in diesem Fall.

## **6.2.6 Zusammenfassung und Bewertung**

### **6.2.6.1 Akzeptanz des Gesamtsystems**

Das Prinzip der zentralen Bedienung wird von vielen Versuchspersonen als zukunftsweisend und gut befunden. Vor allem die mechanische Ausführung im Versuchsaufbau wird eher bemängelt. Dabei sind hauptsächlich Darstellungsqualität und Haptik des Bedienelements verbesserungsfähig. Die häufigsten konzeptbedingten Kritikpunkte betreffen die Bearbeitungszeiten für die einzelnen Menüwechsel. Die Versuchspersonen gaben an, dass Ihnen die Betätigung, vor allem in der tiefen Menüstruktur, zu viele einzelne Betätigungsschritte erfordert. Es würden durchgehend vor allem schnellere Menüwechsel, die ohne notwendigen Blickkontakt durchgeführt werden könnten, bevorzugt. Eine Betätigung ohne eine erforderliche visuelle Kontrolle würde die Akzeptanz des Systems generell deutlich erhöhen. Von mehreren Versuchspersonen werden die Potentiale, die ein bildschirmbasiertes Bediensystem bietet, wie z. B. eine gezielte Benutzerführung oder die Erweiterbarkeit des Systems, positiv gesehen. Zu den Angaben der Versuchspersonen bezüglich der grafischen Gestaltung lässt sich keine eindeutige Aussage machen. Hier spielen wiederum individuelle Vorlieben eine große Rolle. Zudem kann keine eindeutige Aussage gemacht werden, ob ein Großteil der Anwender Symbole oder eine reine Textdarstellung bevorzugt. Die meisten Versuchspersonen begrüßen generell die Reduktion der konventionellen Bedienelemente und die Konzentration auf wenige, wichtige Funktionen als Taster oder Schalter. Häufig

verwendete Funktionen sollten nach Angaben der Probanden jedoch auch weiterhin als konventionelle Bedienelemente ausgeführt sein. Vor allem dynamische Aufgabenstellungen, also Aufgaben, die zu jedem Zeitpunkt oder innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters zu betätigen sind, sollten nach den Ergebnissen aus dem Versuch weiterhin konventionell gestaltet werden. Vor allem bei den Versuchspersonen mit Bordmonitor-Erfahrung erzielt das System eine hohe Akzeptanz. Die Lernkurve des Gesamtsystems ist auch bei unerfahrenen Versuchspersonen eher positiv. Hier erweist sich die Verwendung von durchgängigen Bedienprinzipien als vorteilhaft. Das Gesamtkonzept wird also eher positiv beurteilt, während im Detail noch Verbesserungspotentiale aufgezeigt wurden:

- Verbesserung der Menüwechsel, um schnellere Bearbeitungszeiten zu erhalten
- Eindeutigere und schnellere Betätigung über das Bedienelement
- Verbesserung der Eingabe von analogen Funktionen
- Bessere Unterscheidbarkeit von anwählbaren Funktionen und reinen Anzeigen innerhalb der Menüs
- Schnellere Systemrückmeldezeiten

### 6.2.6.2 Vergleich der Ergebnisse mit der systemergonomischen Analyse

Analog zu Kapitel 5.2 wurden auch für die Teilaufgaben dieser Versuchsreihe vorher Qualitätszahlen für die einzelnen Handlungsschritte und zusammenfassend für die einzelnen Aufgaben erstellt. Die Aufstellung ist dem Anhang IV zu entnehmen. Ebenso wurde analog zu Kapitel 5.3 die Quote der richtigen Aufgabenbearbeitung mit den Qualitätszahlen verglichen. Abbildung 6.20 zeigt den Vergleich zwischen theoretisch ermittelter Qualitätszahl und der Quote der tatsächlich im Versuch richtig bearbeiteten Aufgaben für die flache Struktur, Abbildung 6.21 für die tiefe Struktur. Allgemein zeigt sich auch in der zweiten Versuchsreihe eine deutlich schlechtere Bewertung durch die Qualitätszahlen im Vergleich zur relativen Fehlerhäufigkeit in der Praxis. Der Realversuch bestätigt auch in dieser Versuchsreihe die apriorie Qualitätszahl. Die Ähnlichkeit des Kurvenverlaufs lässt auf eine relative Aussage der Qualitätswerte bezüglich der Gestaltungskriterien schließen. Es wurde auch hier eine Korrelationsprüfung durchgeführt: Für die flache Struktur errechnet sich ein Korrelationskoeffizient zwischen theoretisch ermitteltem  $Q_E$ -Wert und prozentualem Anteil aller richtig gelösten Aufgaben von 0,57. Beim Standversuch errechnet sich der Korrelationskoeffizient auf 0,33, beim Fahrversuch auf 0,64. Es ergibt sich für die tiefe Struktur ein Korrelationskoeffizient zwischen theoretisch ermitteltem  $Q_E$ -Wert und den richtig gelösten Aufgaben aus dem Versuch von 0,22. Im Standversuch errechnet sich der Korrelationskoeffizient auf 0,14, im Fahrversuch auf 0,28. Auch hier ist der Korrelationskoeffizient im Standversuch kleiner als im Fahrversuch. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen theoretisch ermitteltem Qualitätswert und Realversuch lässt sich also auch hier, analog zum konventionellen System, nicht nachweisen. Für die flache Struktur errechnet sich ein Korrelationskoeffizient, ermittelt im Programm Excel, zwischen theoretisch ermitteltem  $Q_E$ -Wert und prozentualem Anteil aller richtig gelösten Aufgaben von 0,57. Beim Standversuch errechnet sich der Korrelationskoeffizient auf 0,33, beim Fahrversuch auf 0,64. Bei der Bestimmung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson ergeben sich die gleichen Werte. Es ergibt sich für die tiefe Struktur ein Korrelationskoeffizient zwischen theoretisch ermitteltem  $Q_E$ -Wert und den richtig gelösten Aufgaben aus dem Versuch von 0,22. Im Standversuch errechnet sich

der Korrelationskoeffizient auf 0,14, im Fahrversuch auf 0,28. Hier differieren die Korrelationskoeffizienten nach Pearson. Es ergibt sich für den Standversuch ein Korrelationskoeffizient von 0,21, für den Fahrversuch von 0,26. Für den Gesamtversuch ermittelt sich ein Korrelationskoeffizient von 0,26. Der Mittelwert korrekt gelöster Aufgaben beträgt bei der flachen Struktur insgesamt 95,83 % bei einer Standardabweichung von 6,409, der Mittelwert der korrekt gelösten Aufgaben in der tiefen Struktur in der gesamten Betrachtung 95,25 % bei einer Standardabweichung von 5,6583.

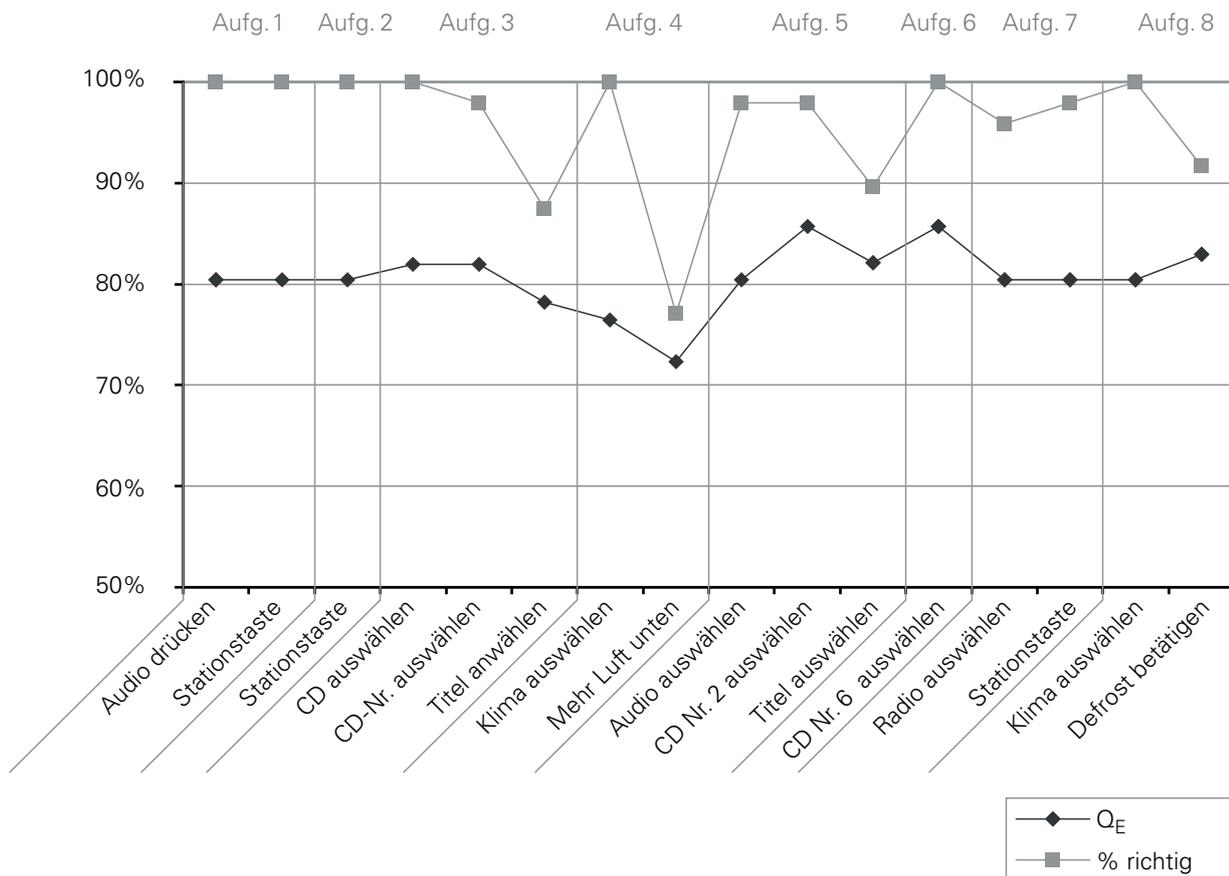


Abbildung 6.20: Vergleich zwischen theoretisch ermitteltem Qualitätswert  $Q_E$  und richtiger Aufgabenbearbeitung in der flachen Struktur

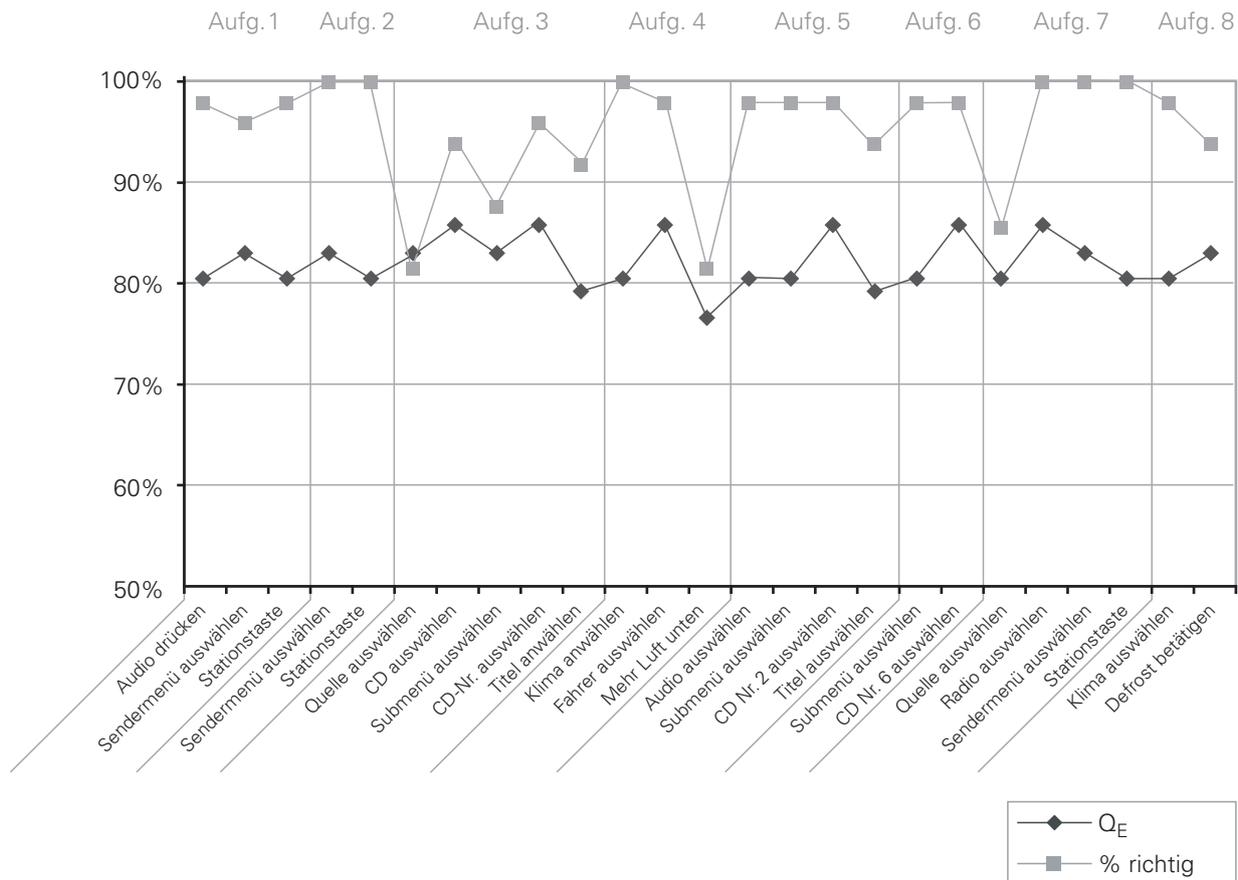


Abbildung 6.21: Vergleich zwischen theoretisch ermitteltem Qualitätswert  $Q_E$  und richtiger Aufgabenbearbeitung in der tiefen Struktur

### 6.3 Vergleich der Ergebnisse mit dem konventionellen System

Da die Anzahl der notwendigen Handlungsschritte und die Anzahl der Teilaufgaben, die zum Bearbeiten der gleichen Aufgabe notwendig sind, stark systemabhängig sind, lassen sich die Fehler zu den einzelnen Handlungsschritten der verschiedenen Versuchsreihen nur qualitativ miteinander vergleichen. Im Versuch zum konventionellen System traten die meisten Fehler der Probanden im Handlungsschritt »Auffinden der Funktion« auf. Im Vergleich mit dem konventionellen System zeigt sich, dass im Fahrerinformationssystem eine deutliche Steigerung der richtigen Aufgabenbetätigungen in dem Bereich »Auffinden der Funktion« erfolgt ist. Es zeigt sich die Verbesserung durch eine logische Zuordnung der Funktionsgruppen und Aufteilung der Funktionen. Dies bestätigt auch die Ergebnisse mit einer Aufzeichnung von Blickbeobachtungen bei *Bengler et al. (2002)*. *Bengler et al.* weisen eine geringere Anzahl von Blicken auf ein zentrales Anzeige- und Bediensystem im Vergleich zu einer konventionellen Bedienung analog zu Kapitel 5.2.2 nach. Der Handlungsschritt »Erkennen der Betätigungsart« stellt sowohl im konventionellen System als auch im Fahrerinformationssystem kaum Schwierigkeiten dar. Hier wurden, wie auch im Bereich der Erkennung der Rückmeldungen, die wenigsten Fehler begangen. Im Bereich »Betätigung« schneidet das Fahrerinformationssystem deutlich schlechter ab als das konventionelle System. Dies

lässt sich sowohl in der flachen als auch in der tiefen Struktur bestätigen, wie in Tabelle 6.1 dargestellt. Hier stellen vor allem die Cursorpositionierung und die größere Anzahl an notwendigen Bedienschritten bis zur Ausführung einer Funktion eine leichte Fehlerquelle dar. Die meisten der in diesem Bereich gemachten Fehler im Fahrerinformationssystem traten vor allem bei der Betätigung von analogen Vorgängen wie »mehr/weniger« auf. Dieser Punkt ließe sich durch eine optimierte Bedienteilerauswahl deutlich verbessern. Es wird auch aufgezeigt, dass in diesem Bereich das größte Potential von Verbesserungen für ein Fahrerinformationssystem liegt. Im Bereich der Rückmeldung sowohl der Betätigung als auch der Aufgabenerfüllung werden beim konventionellen und beim bildschirmbasierten System kaum Fehler gemacht. Die Probleme der Rückmeldung schlagen sich eher in einer subjektiven Bewertung, bei der die Hochwertigkeit des Systems beurteilt wird, als in einer objektiven Fehleranhäufung nieder. Hier spiegelt die Bewertung in der systemergonomischen Analyse eher das subjektive Probandenurteil wider. Das Problem der langen Systemreaktionszeiten wirkt sich in der tiefen Struktur deutlicher aus als in der flachen. Hier wurden aufgrund langer Systemreaktionszeiten fünf Fehler gemacht, während bei der flachen Struktur nur zwei gemacht wurden. Dies zeigt auf, dass Fehlermöglichkeiten, die sich auf die Bearbeitungszeit auswirken, vor allem durch die Hintereinanderreihung von mehreren Bedienvorgängen aufaddiert werden können. Im konventionellen System wurden keine Fehler aufgrund langer Rückmeldezeiten gemacht. Es zeigt sich also, dass eine schnelle Systemreaktionszeit vor allem bei bildschirmbasierten Systemen eine deutliche Steigerung der Bearbeitungsqualität bringt.

Tabelle 6.1: Relative Fehlerhäufigkeiten in % für die Versuchsreihen – zugeordnet auf Handlungsschritte

	<b>Konventionelles System</b>	<b>FIS Flache Struktur</b>	<b>FIS Tiefe Struktur</b>	<b>FIS Gesamt</b>
Auffinden der Funktion	8,6721	1,8229	2,6667	2,3960
Erkennen der Betätigungsart	1,6260	0,1302	0,0000	0,0520
Betätigung	0,8130	1,9531	1,8333	1,9270
Rückmeldung der Betätigung	0,2710	0,0000	0,0000	0,0000
Rückmeldung der Funktionserledigung	0,0000	0,2604	0,2500	0,2600

Tabelle 6.1 zeigt einen Vergleich der relativen Fehlerhäufigkeiten, verteilt auf die einzelnen Handlungsschritte der Versuchsreihen. Hierzu wurden alle bei dem jeweiligen Handlungsschritt ausgeführten Fehler addiert und ins Verhältnis zur Anzahl der Teilaufgaben und der Versuchspersonen gesetzt. Im Versuch zur konventionellen Ausführung waren dies 9 Teilaufgaben und 41 Versuchspersonen, im Versuch zum bildschirmbasierten System in der flachen Struktur 16 Teilaufgaben und in der tiefen Struktur 25 Teilaufgaben bei jeweils 24 Versuchspersonen in zwei Versuchsdurchläufen (Stand und Fahrt). In Abbildung 6.22 sind die Fehlerquoten der einzelnen Handlungsschritte im Vergleich von konventionellem

System und bildschirmorientiertem System aufgetragen. Abbildung 6.23 zeigt die Gegenüberstellung von flacher und tiefer Struktur im bildschirmbasierten System. Hier ist deutlich eine Analogie zwischen entstandenen Fehlern und Zuordnung zu den Handlungsschritten zu erkennen.

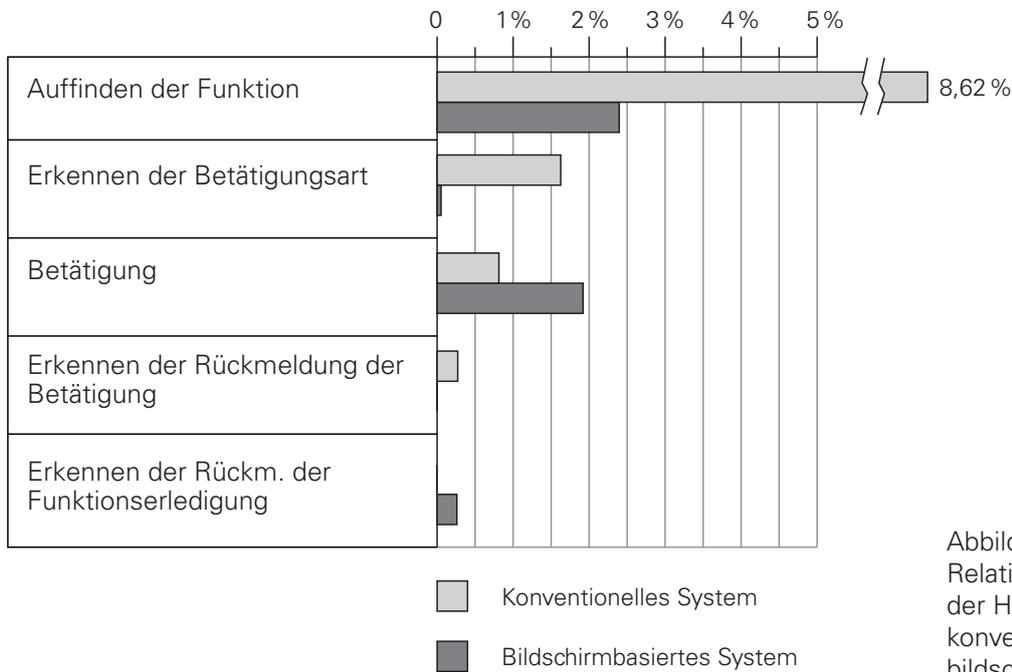


Abbildung 6.22:  
Relative Fehlerhäufigkeiten der Handlungsschritte konventionelles System – bildschirmbasiertes System

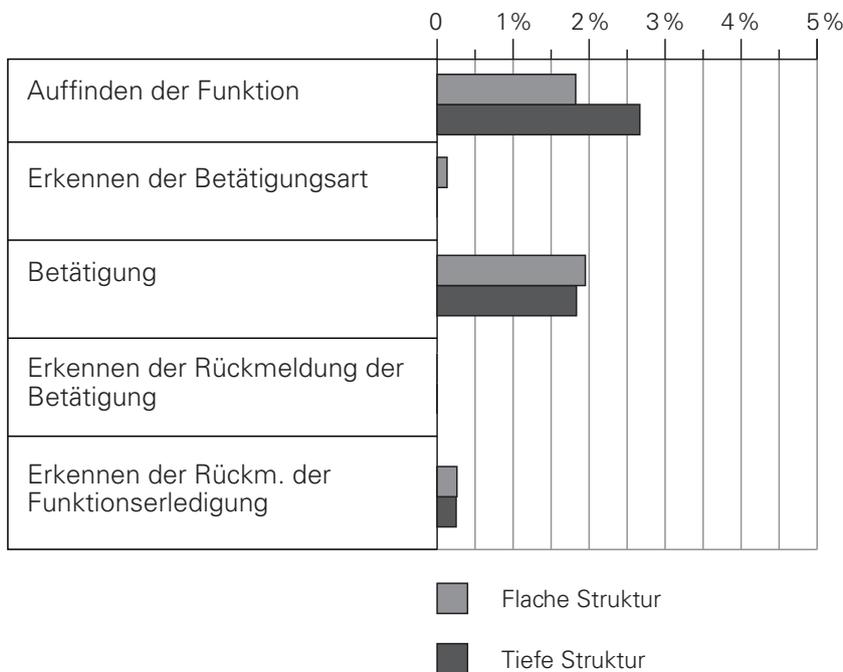


Abbildung 6.23:  
Relative Fehlerhäufigkeiten der Handlungsschritte im bildschirmbasierten System flache Struktur – tiefe Struktur

## **7 Ergebnisdiskussion und Interpretation**

### **7.1 Vergleich zwischen konventionellem und bildschirm-basiertem System**

#### **7.1.1 Fehlerarten**

Während beim konventionellen System die Hauptursache der Fehlerquellen im Auffinden der Funktion liegt, liegt der Schwerpunkt der Fehler bei der bildschirmbasierten Bedienung in der Betätigung selbst. Es zeigt sich, dass eine logische Struktur in der menübasierten Bedienoberfläche die Suche nach Funktionen deutlich verringern kann. Die Schwächen gegenüber dem konventionellen System in der Betätigung eines bildschirmbasierten Systems liegen eindeutig in der erhöhten Zahl von einzelnen Bewegungsschritten (erst den Cursor positionieren, dann auswählen) im Vergleich zur direkten Betätigung einer Taste am konventionellen System. Hier ist die Fehleranfälligkeit beim bildschirmbasierten System höher als beim konventionellen System. Zugleich besteht in diesem Punkt auch das größte Optimierungspotential. Die Auswahl von einzelnen Menüpunkten im bildschirmbasierten System profitiert stärker von Lerneffekten als die konventionelle Bedienung. Sowohl im konventionellen als auch im menübasierten System lassen sich deutliche Einflüsse des Übungsgrades der Probanden auf die Anzahl der Fehler nachweisen.

#### **7.1.2 Gestaltungsschwerpunkte für das konventionelle System**

Da der Schwerpunkt der Fehler beim konventionellen System im Auffinden der Funktion liegt, ist in diesem Handlungsschritt das größte Optimierungspotential für eine ergonomische Gestaltung zu suchen. Geeignete Maßnahmen sind das Bilden von verständlichen Funktionsgruppen, eine geeignete Beschriftung und Kennzeichnung der Funktionen sowie eine gestalterische Struktur der Bedienteilanordnung.

#### **7.1.3 Gestaltungsschwerpunkte für das bildschirmbasierte System**

Neben der Verbesserung des Punktes »Auffinden der Funktion«, der durch eine klare, verständliche Struktur und Kennzeichnung der Funktionen gegeben ist, liegt bei dem bildschirmbasierten System der größte Optimierungsbedarf in der Betätigung selbst. Hier ist eine enge Kopplung des Eingabeelements mit der dazugehörigen Bildschirmgrafik ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Gestaltung. Vor allem die Bedienung von Einstellvorgängen, wie sie im Versuch verwendet wurde, ist beim bildschirmbasierten System ein deutlicher Nachteil im Vergleich zur konventionellen Betätigung. Dies ist zur Hauptsache in der Auswahl des Bedienelementes begründet. In Serienprojekten wird diese Problematik vor allem durch die Verwendung von Drehstellern, zum Teil mit einer elektronisch gesteuerten, variablen Haptik, die z. B. Endanschläge oder die Varianz von Raststufen ermöglicht, berücksichtigt. Hier ist durch die analoge Zuordnung der Drehteilhaptik mit der Bildschirmdarstellung eine deutliche Verbesserung zu der Wippenlösung im Versuchsaufbau gegeben (siehe auch Kapitel 2.4.6).

## 7.2 Bewertung der bildschirmorientierten Oberfläche

### 7.2.1 Vergleich zwischen Versuchsarten Standversuch und Fahrversuch

In Kapitel 6.2.5.2 lässt sich ein signifikanter Unterschied der Qualität der Aufgabenbearbeitung zwischen der Betätigung im Stand- und im Fahrversuch nachweisen. Dabei sind im Fahrversuch signifikant mehr Fehler aufgetreten als im Standversuch. Dies lässt den Schluss zu, dass bei der Fehlerbeobachtung im Stand bereits ein Teil der möglichen Fehler entdeckt wird, die fahrdynamischen Bedingungen aber einen Einfluss auf die Anzahl der zu erwartenden Fehler haben.

Für den Einsatz in der Serienentwicklung lässt sich daraus ableiten, dass sowohl Versuche unter Laborbedingungen als auch Versuche unter fahrdynamischen Bedingungen sinnvoll sind. Dabei empfiehlt es sich, zunächst für eine Identifizierung der hauptsächlichen Fehlerquellen in der Bedienoberfläche einen Standversuch durchzuführen und in einer späteren Schleife die Tests in der Fahrdynamik durchzuführen. Der Fahrversuch eignet sich aufgrund des hohen Aufwands vor allem für die Optimierung von bereits erprobten Konzepten. Man könnte hier, analog zur Aufteilung in Initial- und Konzeptphase sowie Serienentwicklungsphase die Trennung zwischen Stand- und Fahrversuch durchführen.

### 7.2.2 Einfluss der Fahraktivität

Nach Kapitel 6.2.5.5 lässt sich eine Tendenz der Zunahme von Fahrfehlern erkennen, wenn die Komplexität der Aufgaben zunimmt. Ein deutlicher Einfluss konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der sehr wenigen Fahrfehler, die im Versuch gemacht wurden sowie der fehlenden Möglichkeit einer genaueren Fahrfehler-Erfassung im Realversuch, erlaubt dieses Ergebnis Interpretationsspielraum. Eine genauere Untersuchung könnte hierzu eine Überprüfung der fahrdynamischen Werte in einem Fahrsimulator liefern. Zur Erfassung des Einflusses der Gestaltung der Bedienoberfläche eignet sich ein Simulator-test besser, bei dem die fahrdynamischen Werte im Vergleich zu vorgegebenen Idealwerten gesetzt werden können. Nach der aus der systemergonomischen Analyse resultierenden Einflussmöglichkeit der Anzahl der Teilaufgaben auf die Fahrdynamik ist die Empfehlung von *Zimmer (1998)*, nach der eine Menütiefe und somit Zwischenaufgaben von mehr als zwei Stufen im Fahrzeug vermieden werden sollen, zu bestätigen.

### 7.2.3 Ableitung zur Gestaltung von bildschirmbasierten Systemen

Prinzipiell lassen sich aus den Versuchen auch weitere Gestaltungsempfehlungen für das Design von Fahrerinformationssystemen aufstellen: Grundsätzlich sollen schnelle, einfache Menüwechsel ermöglicht werden, um die Gesamtakzeptanz des Systems zu steigern. Das System soll generell so ausgelegt sein, dass möglichst kurze Blickzuwendungszeiten notwendig sind. Ein wesentlicher Punkt hierzu ist die Lage des Monitors nahe dem Fahr-geschehen und eine deutliche Darstellung der Bildschirminhalte. Das haptische Feedback der Eingabelemente sollte im Vergleich zu einem konventionellen Eingabelement eher noch erhöht werden, da die Betätigung bei einer Trennung zwischen Anzeige und Bedienung ohne Blickkontakt zum Bedienelement, ähnlich wie bei der Schaltung mit einem Handschaltgetriebe, erfolgen soll. Im Monitor selbst sollte eine klare Darstellung ohne

aufwändige Effekte vorliegen. Jede Handlung muss leicht unterbrechbar sein, um z. B. im Falle einer kritischen Verkehrssituation den Bedienvorgang unterbrechen zu können und gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt an der gleichen Stelle wieder weiterverfolgen zu können. In Tabelle 7.1 sind entsprechende Gestaltungsempfehlungen, die aus dem Versuch resultieren, aufgeführt.

Tabelle 7.1: Gestaltungsempfehlungen aus dem Fahrversuch zur Systemstruktur

Bereich		Gestaltungsempfehlung
<b>Menüstruktur</b>	Überblick über Struktur	Flache Strukturen bevorzugen Logische Gruppen bilden Deutliche Begriffsbildung
<b>Anzeigen</b>	Kurze Blickzuwendungszeiten	Anzeigen im Blickfeld des Fahrers Geringe Akkomodationszeiten unterstützen Kurze und klare Begriffe verwenden
<b>Bedienelement</b>		Arm- und Handunterstützung Haptisches Feedback erhöhen
<b>Fahrtauglichkeit</b>		Leichte Unterbrechbarkeit der Bedienvorgänge ermöglichen Keine zeitlichen Einflüsse auf die Bedienung Nutzerführung auf den nächsten Schritt
<b>Bildschirmgrafik</b>		Klare Darstellung Deutliche Lesbarkeit Keine unnötigen Animations-Effekte Deutliche Kontraste Eindeutige Zustandsanzeigen

## 7.2.4 Tiefe der Menüstrukturen

Aus dem Probandenversuch lässt sich klar ableiten, dass flache Strukturen für die Verwendung in bildschirmbasierten Systemen im Automobil zu bevorzugen sind, da so möglichst wenig Bedienschritte nacheinander vollzogen werden müssen, die ihrerseits jeweils eine neue Fehlermöglichkeit darstellen. Prinzipiell konnte die These bestätigt werden, dass eine flachere Menüstruktur zu weniger Fehlern und deutlich höherer Bearbeitungsqualität führt. Bei tieferen Menüstrukturen ist generell von einer erhöhten Fehlerwahrscheinlichkeit, vor allem bei der Menüwahl in unteren Menüebenen, auszugehen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen von *Larson & Czerwinsky (1998)*, *Bernand (2004)*, *Jacko & Salvendy (1996)*, *Norman & Chin (1988)* sowie *Snowberry et al. (1983)*. Ebenso stellt *Wandke (1987)* anhand einer theoretischen Betrachtung und verschiedenen Literaturquellen Vorteile von Interfaces mit einem parallelen Zugang dar. Man kann also von deutlichen Vorteilen eines breiteren Menübaumes ausgehen. Hier können die Ergebnisse aus webbasierten Bedienoberflächen auf die Menüstruktur von Bedienoberflächen im Automobil direkt übertragen werden.

## **7.3 Vergleich zwischen systemergonomischer, theoretischer Bewertung und Realversuchen**

### **7.3.1 Vergleich zwischen systemergonomischer Analyse und Fahrversuchen**

Es zeigt sich, dass die Ergebnisse aus den Fahrversuchen nicht mit den Ergebnissen aus der detaillierten systemergonomischen Analyse korrelieren. Dies lässt den Schluss zu, dass beide Validierungsmethoden unabhängig voneinander zu sehen sind. Die detaillierte theoretische Analyse eignet sich mehr als qualitatives Werkzeug zur schnellen Identifizierung von Fehlerquellen. Um eine genauere Aussage treffen zu können, wäre ein Folgeversuch mit einer deutlich höheren Aufgabenanzahl durchzuführen.

### **7.3.2 Die detaillierte systemergonomische Analyse als Werkzeug für die Serienentwicklung**

Die systemergonomische Analyse mit Darstellung der Bedienabläufe in Flussdiagrammen erweist sich in einem ersten Schritt aber als sehr sinnvolle Möglichkeit, eine Auslegung der zeitlichen Abläufe in der Bedienoberfläche zu treffen. Für eine detaillierte Auslegung ist der zeitliche Ablauf jedoch nicht umfassend genug. Hier empfiehlt es sich, die Handlungsschritte jeder Einzelaufgabe zu erfassen und gezielte Maßnahmen für die Optimierung zu jedem Handlungsschritt zu treffen. Betrachtet man die Fehler der Versuchspersonen genauer und vergleicht diese mit der Begründung für die Bewertung in der systemergonomischen Analyse mit der dazugehörigen detaillierten Zuordnung zu den Handlungsschritten, so ist eine Übereinstimmung der Fehlerquellen mit den tatsächlich gemachten Fehlern zu erkennen. Die systemergonomische Analyse sowie die Bewertung eignen sich also besser als qualitatives Werkzeug als der eines quantitativen Bewertungswerkzeugs. Die generell schwierige quantitative theoretische Erfassung von Qualitätsmerkmalen kann in den Versuchen bestätigt werden. Die Bewertung mittels Qualitätszahlen erweist sich in der Praxis als weniger geeignet. Es empfiehlt sich deshalb, die systemergonomische Betrachtung der Handlungsschritte mit den dazugehörigen Gestaltungsempfehlungen als ein qualitatives Werkzeug einzusetzen. Sie eignet sich aber, wie sich herausstellt, für einen ersten Schritt einer theoretischen Bewertung als sehr geeignete Methode. Eine quantitative Fehlermessung vorzunehmen, empfiehlt sich nur bei einer sehr großen Probandenanzahl. Dies ist beispielsweise bei aufwändigen Produktkliniken der Fall. Hier ist am besten eine Differenzierung zwischen einer entwicklungsbegleitenden Erprobung und der Validierung von Meilensteinen zu treffen. Da bei der entwicklungsbegleitenden Validierung eher qualitativ die Fehlerschwerpunkte bestimmt werden sollen, eignet sich hierzu die systemergonomische Analyse mit einer differenzierten Handlungsschritt-Betrachtung sehr gut. Hier ist eine statistische Überprüfung weniger notwendig, da die hauptsächlichen Fehlerquellen identifiziert werden sollen. Für eine Produktklinik ist eine absolute Fehlerzahl, aber vor allem die differenzierte Fehlerzuordnung sowohl zu Aufgabenarten als auch zu Handlungsschritten sinnvoll. Mit Hilfe einer statistischen Auswertung können so Aussagen über die Gestaltungsqualität der einzelnen Detaillösungen getroffen werden. Wichtig ist aber auch hier eine Interpretation der Versuchsergebnisse durch ein Expertenteam.

## 7.4 Übertragung in den Entwicklungsprozess

### 7.4.1 Übertragung der Versuchsmethode in ein Usability-Labor für die Serienentwicklung

Durch die freie Möglichkeit der Darstellung der Benutzeroberfläche über ein geeignetes Tool war eine hohe Flexibilität der Oberflächengestaltung in den Versuchen möglich. Diese Flexibilität gilt es auch im Entwicklungsprozess beizubehalten oder sogar auszubauen. Für einen ausschließlichen Einsatz in der Nutzerforschung ist aber zu überdenken, welche Fahrzeugsysteme direkt angesteuert werden müssen, bzw. ob die Ansteuerung nicht durch eine andere Art und Weise, wie eine Simulation der Komponenten, erreicht werden kann, da der Komplexitätsgrad damit exponentiell ansteigt. Für den Serieneinsatz würde sich deshalb eine kommunale Programmierung von Oberfläche und Logik anbieten.

Da sich ein Einfluss des Übungsgrades der Probanden auf die Qualität der Aufgabenerfüllung nachweisen lässt, ist für die Serienentwicklung je nach Aufgabenstellung auf die Auswahl von geeigneten Versuchspersonengruppen zu achten. Es empfiehlt sich eine Einteilung der Probandendatenbank nach geübten und unerfahrenen Nutzern.

### 7.4.2 Videobeobachtung

Bei sämtlichen durchgeführten Systemen erwies sich die eingesetzte Videotechnik als hilfreiches Mittel bei der Versuchsauswertung. Eine längerfristige Erfahrung mit der Videoüberwachung zeigt, dass sich die Versuchspersonen nach einer kurzen Eingewöhnungsphase nicht mehr von dem Videosystem beeinträchtigt fühlen. Auch wenn bei einer genauen Versuchsplanung eine gezielte Erfassung der Betätigungsfehler auf Versuchsbegleitbögen sehr gut durch einen Versuchsleiter möglich ist, erwies sich die Videoaufnahme bei der Auswertung von schwierigen Situationen oftmals als hilfreich. Während in den Versuchen nur jeweils die Versuchsperson und die Untersuchungsgegenstände im Bild waren, empfiehlt es sich, zusätzlich auch die Fahrsituation mit aufzuzeichnen. Hier wäre der Einsatz jeweils einer Digitalkamera für Untersuchungsgegenstand, Versuchsperson und Fahrszene ideal. Abbildung 7.1 zeigt ein geeignetes mehrteilig aufgebautes Videobild, bestehend aus Versuchsperson, Menübild und Verkehrsszene zur geeigneten Auswertung von Bedienoberflächen, wie es heute in der Erprobung eingesetzt wird. Es empfiehlt sich eine leichte Montage und Demontage des Video-Erfassungssystems, da es so einfach möglich ist, das Beobachtungssystem von einem in ein anderes Fahrzeug umzubauen.



Abbildung 7.1:  
Videoerfassung mit kombinierter  
Erfassung von Proband,  
Anzeige und Bedienelement sowie  
Fahrszenario

### **7.4.3 Umsetzung einer Versuchsumgebung in einem Usability-Labor**

Inzwischen steht für die Erprobung in der Serienentwicklung bei der BMW Group ein Serienfahrzeug der aktuellen Siebener-Reihe (E65) zur Verfügung, das bereits über einen Monitor und ein entsprechendes zentrales Bedienteil (sog. Controller) verfügt. Eine Simulationsplattform, die auf einem automobiltauglichen Personal-Computer installiert ist, kann den TFT-Serienmonitor direkt ansteuern. Analog kann das Serienbedienteil mit der gleichen Plattform über eine CAN-Bus/Car-PC-Kommunikation angesteuert werden. Es besteht so die Möglichkeit, in einer für den Anwender völlig neutralen, dem Serienstand entsprechenden Umgebung unterschiedliche Varianten der Bedienoberfläche darzustellen. Als Methode für die Ausgabe von Audio-Files eignen sich als MP3 komprimierte Audiodaten, die an Stelle der Ansteuerung von realen Audiokomponenten in die Simulation der Nutzeroberfläche eingebunden werden. So werden zusätzlich an allen Orten der Versuchsstrecken gleichwertige Rahmenbedingungen für die Audioausgabe geschaffen.

Durch eine Weiterentwicklung und Optimierung der Videotechnik ist ein Einsatz von kleineren Kameras möglich, wodurch die Videobeobachtung unauffällig im Fahrzeug platziert werden kann. Ein auffälliger Umbau bzw. Einbau eines zusätzlichen Monitors, wie er noch in den beiden vorherigen Versuchsfahrzeugen notwendig war, ist nicht mehr erforderlich. Durch die Verwendung eines Serienbedienelements für die Eingabe in das Bildschirmsystem erübrigt sich das Problem der mangelhaften Haptik eines Prototypen-Bedienteils. So steht für Weiterentwicklungen bzw. Neuentwicklungen eine Entwicklungsplattform zur Verfügung, die unter Einbezug von tatsächlichen Anwendern die effektive Erprobung von bildschirmbasierten Fahrerinformationssystemen in einem Stadium ermöglicht, in dem noch keine endgültige Hardwarefestlegung getroffen ist. Es kann so ein weiterer Schritt in die Gestaltung von nutzerfreundlichen Bedienoberflächen für den Fahrbetrieb gemacht werden.

### **7.4.4 Ergonomische Validierung im verkürzten Entwicklungsprozess**

Die systemergonomische Analyse eignet sich sehr gut als Werkzeug zur theoretischen Betrachtung der Qualität einer Mensch-Maschine-Schnittstelle im Automobil. Sie ist ein gutes Mittel, um gestalterische Schwächen bereits theoretisch zu erfassen. Vor allem die detaillierte Aufschlüsselung nach Handlungsschritten kann dem Systemgestalter und Designer der Oberfläche deutliche Verbesserungshinweise liefern. Im verkürzten Entwicklungsprozess eignet sich die systemergonomische Analyse vor allem nach der Konzepterstellung. Sie ermöglicht bereits vor Erstellung aufwändiger Simulationen eine erste Korrekturmöglichkeit. Es empfiehlt sich daher, die systemergonomische Analyse auch vor Erstellung von Simulationen und weiterer Detaillierung einzusetzen.

Die Simulation der Bedienoberflächen stellt sich als absolut geeignetes Mittel dar, um ohne vorliegende Musterteile eine sinnvolle Probandenerprobung durchführen zu können. Das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen scheint zielführend. Die Darstellung über Rapid-Prototyping-Umgebungen stellt sich als sinnvoll nutzbares Werkzeug für unumgängliche Nutzertests während der Konzepterprobung, aber auch für den weiteren Entwicklungsprozess und die Detaillierung der Bedienoberflächen dar. Eine Konzeptsicherheit lässt sich so

früher erreichen. Durch die Probandenerprobung fallen oft subjektive Entscheidungen weg, die später im Prozess größere Schwierigkeiten bereiten können. Durch die Möglichkeit, die Ergebnisse der Probandentests dokumentieren zu können, entsteht so gleichzeitig ein wichtiges Werkzeug für eine Dokumentation der Projektschritte.

## Anhang

### Anhang I – Grundlagen

Anhang I–1	Fehlerbetrachtung nach Rouse & Rouse	124
Anhang I–2	Fehlerbetrachtung nach Rasmussen	125
Anhang I–3	Überblick über relevante Normen und Richtlinien für die Gestaltung von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil	126

### Anhang II – Systemergonomische Analyse

Anhang II–1	Flussdiagramm »Scheibe mit Luftänderung entfrosten«	127
Anhang II–2	Flussdiagramm »Audiobedienung«	128

### Anhang III – Analyse und Versuch zum konventionellen System

Anhang III–1	Bewertung aus der systemergonomischen Analyse	130
Anhang III–2	Fragebogen zur Aufgabenstellung	131
Anhang III–3	Ergebnisse aus dem Versuch - Aufgabenbearbeitung	137

### Anhang IV – Analyse und Versuch zum bildschirmorientierten System

Anhang IV–1	Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – Flache Struktur	138
Anhang IV–2	Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – Tiefe Struktur	140
Anhang IV–3	Fragebogen zur Aufgabenstellung	143
Anhang IV–4	Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Flache Struktur	154
Anhang IV–5	Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Tiefe Struktur	158
Anhang IV–6	Aufgabenqualität – Stand / Fahrversuch – Aufgabe 1 – 8	162
Anhang IV–7	Aufgabenqualität – Fehlerzuordnung zu den Handlungsschritten	163

## Anhang I-1 Fehlerbetrachtung nach Rouse &amp; Rouse

**Fehler bei**

Beobachtungen des Systemzustandes	Unrichtiges Überprüfen Fehldeutung richtiger Ablesungen Unrichtiges Ablesen Unvollständiges Ablesen Beobachtung ungeeigneter Größen Fehlende Beobachtung
Hypothese über den Systemzustand	Inkonsistenz der Beobachtung Zutreffend aber wahrscheinlich Zutreffend aber umständlich Schluss ohne Bezug zur Beobachtung
Test der Hypothese	Abbruch vor Schluss Falscher Schluss Verwerfen des richtigen Schlusses Fehlender Hypothesentest
Wahl des Ziels	Wahl eines unzureichenden Ziels Wahl eines gegensätzlichen Ziels Überflüssiges Ziel Fehlende Zielwahl
Wahl einer Handlungsfolge	Unvollständige Prozedur Ungeeignete Prozedur Überflüssige Prozedur Fehlende Prozedurwahl
Ausführen der Handlungsfolge	Auslassen von Schritten Überflüssige Schritt wiederholung Überflüssiger Schritt Vertauschen von Schritten Ausführung zur falschen Zeit Falscher diskreter Eingriff Zulässiger Regelbereich verlassen Unvollständige Ausführung Nicht aufgabenbezogener Schritt

## Anhang I–2 Fehlerbetrachtung nach Rasmussen

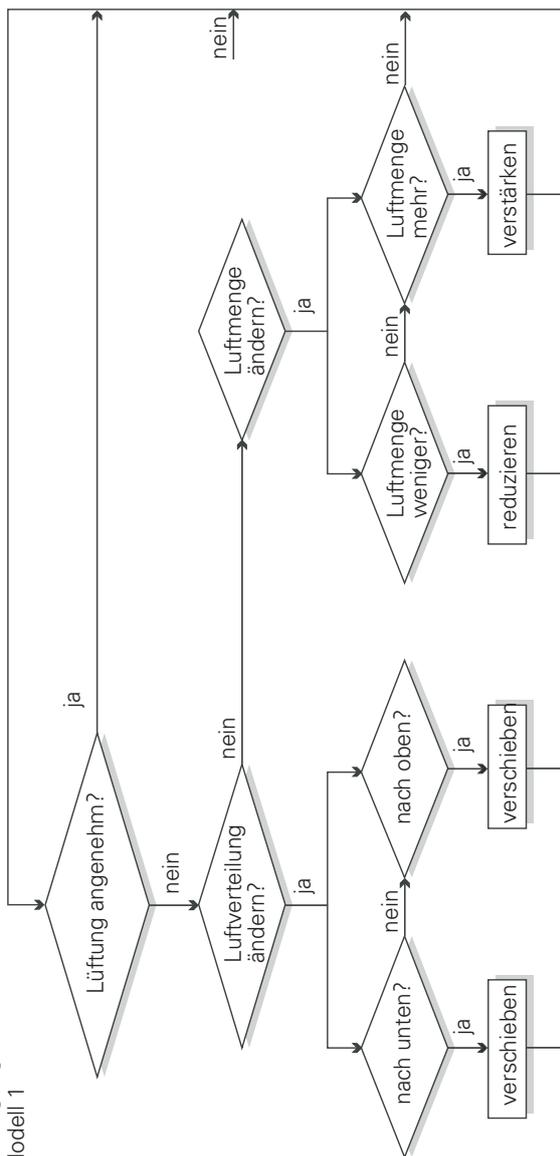
<b>Verhaltensebenen</b>	<b>Fehlerauslösende Bedingungen</b>
Gewohnheitsebene	Zeitliche Nähe und Häufigkeit in der vorherigen Nutzung Unbeabsichtigte Auslösung durch gemeinsame Merkmale Vertauschung oder Auslassung von Handlungskomponenten durch parallele Zielsetzungen
Regelebene	Einstellung: schematische Sichtweise Verfügbarkeit: Ideen und Sachverhalte Repräsentativität von Sachverhalten und Lösungsmustern Übervereinfachung: Reduktion auf wenige Merkmale und übersteigertes Selbstvertrauen
Wissensebene	Selektivität in Daten und Fakten Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses Unvollständige Entscheidungsregeln Begrenzte Rationalität beim Problemlösen Schwierigkeiten im Umgang mit dem zeitlichen Prozessen Falsches / unvollständiges Wissen

Anhang I–3 Überblick über relevante Normen und Richtlinien für die Gestaltung von bildschirmbasierten Bedienoberflächen im Automobil

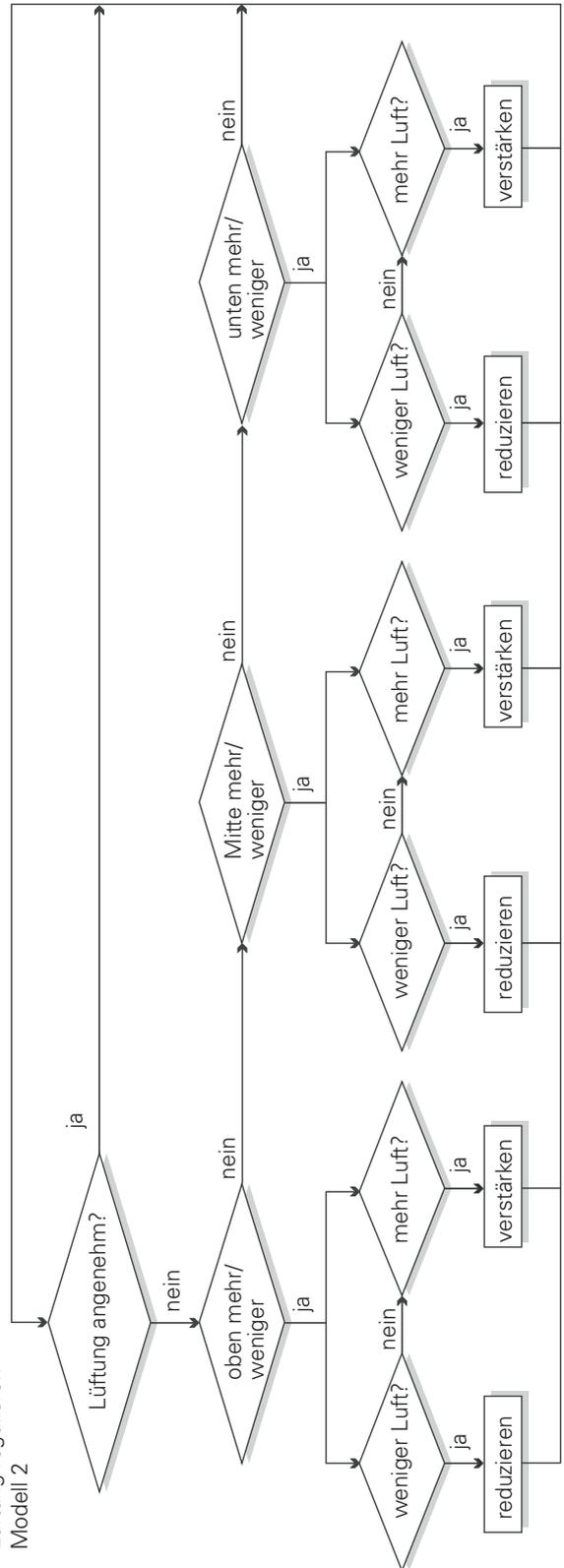
<b>DIN Iso Nr:</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Titel</b>
ISO 2575	Internationale Symbole	Road-Vehicler – Symbols for controls, indicators and tell-tales
ISO 3833	Fahrzeugtypen	Road-Vehicles – Terms and definitions
DIN ISO 3958	Handreichweiten des Kraftfahrzeugführers	Straßenfahrzeuge, Personenkraftwagen, Handreichweiten des Fahrzeugführers
ISO 4040	Personenkraftwagen	Straßenfahrzeuge – Anordnung der Handbedienteile, Anzeiger und Warngeräte
ISO 4131	Maßzahlen	Road-Vehicles – Dimensional codes for passenger cars
ISO 6549	H-Punkt Messverfahren	Road-Vehicles – Procedure for H-Point determination
ISO 11 581-1	Benutzerschnittstellen und Symbole	Informationstechnik – Benutzerschnittstellen und Symbole – Icons und Funktionen – Teil 1: Icons – Allgemeines
ISO 15 005	Dialog- und Informationsgestaltung	Road-Vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Dialogue management principles and compliance procedure
ISO 15 007-1	Sichtfelder	Road-Vehicles – Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems – Part 1: Definitions and paramete
ISO 15 008	Informationsdarstellung	Road Vehicles – ergonomic Aspects for transport Information and Control Systems
DIN 33 402	Körpermaße	Körpermaße des Menschen
DIN 33 402	Bewegungsräume	Körpermaße des Menschen; Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen
DIN 33 419	Ergonomischen Prüfung	Allgemeine Grundlagen der ergonomischen Prüfung von Produktentwürfen und Industrieerzeugnissen
DIN 70 005	Grafische Symbole	Kraftfahrzeuge – Graphische Symbole
DIN 70 020	Personenkraftwagen	Straßenfahrzeuge; Kraftfahrzeugbau, Begriffe von Abmessungen

Anhang II-1 Flussdiagramm »Scheibe mit Luftänderung entfrosten«

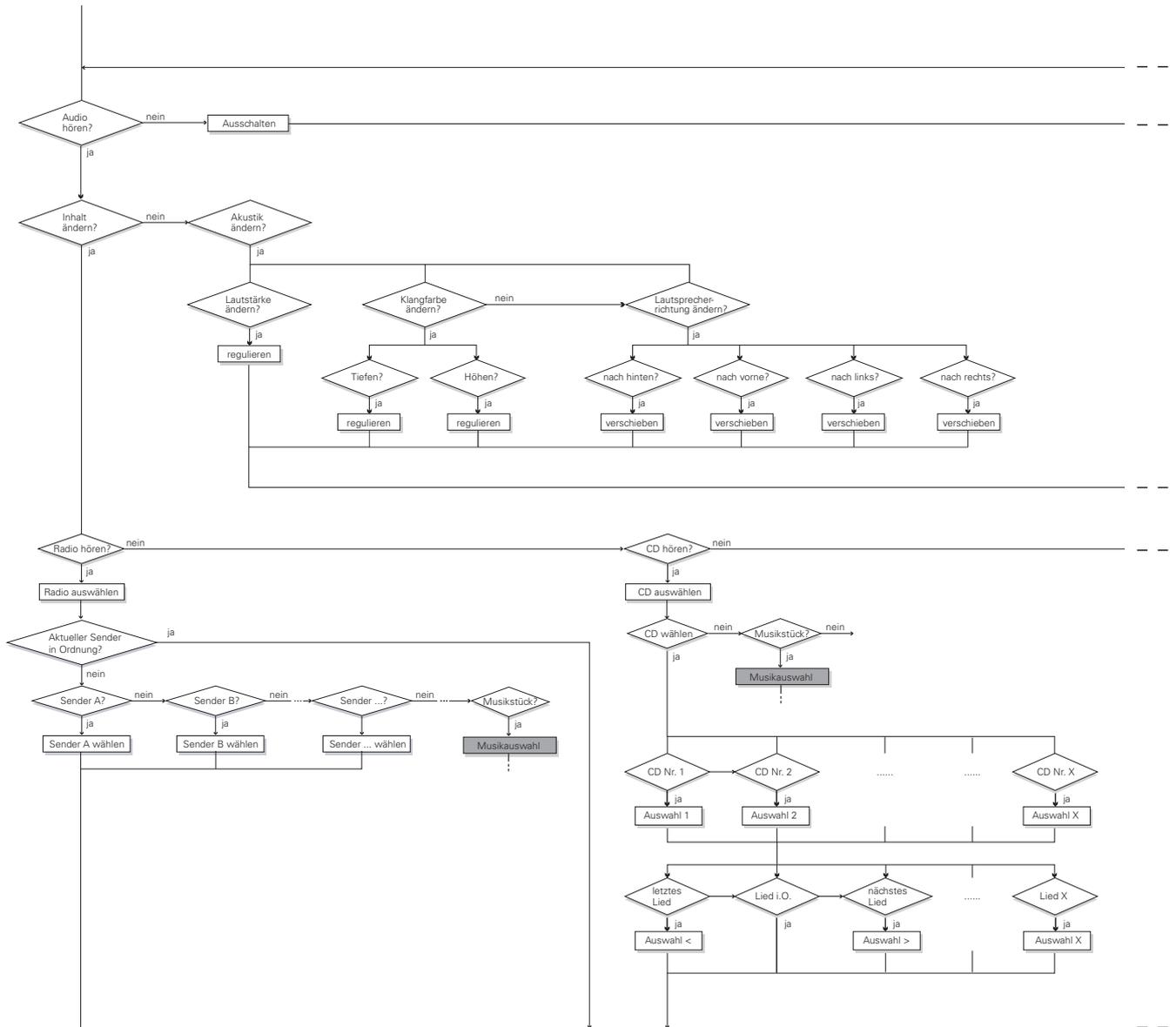
Lüftung regulieren  
Modell 1

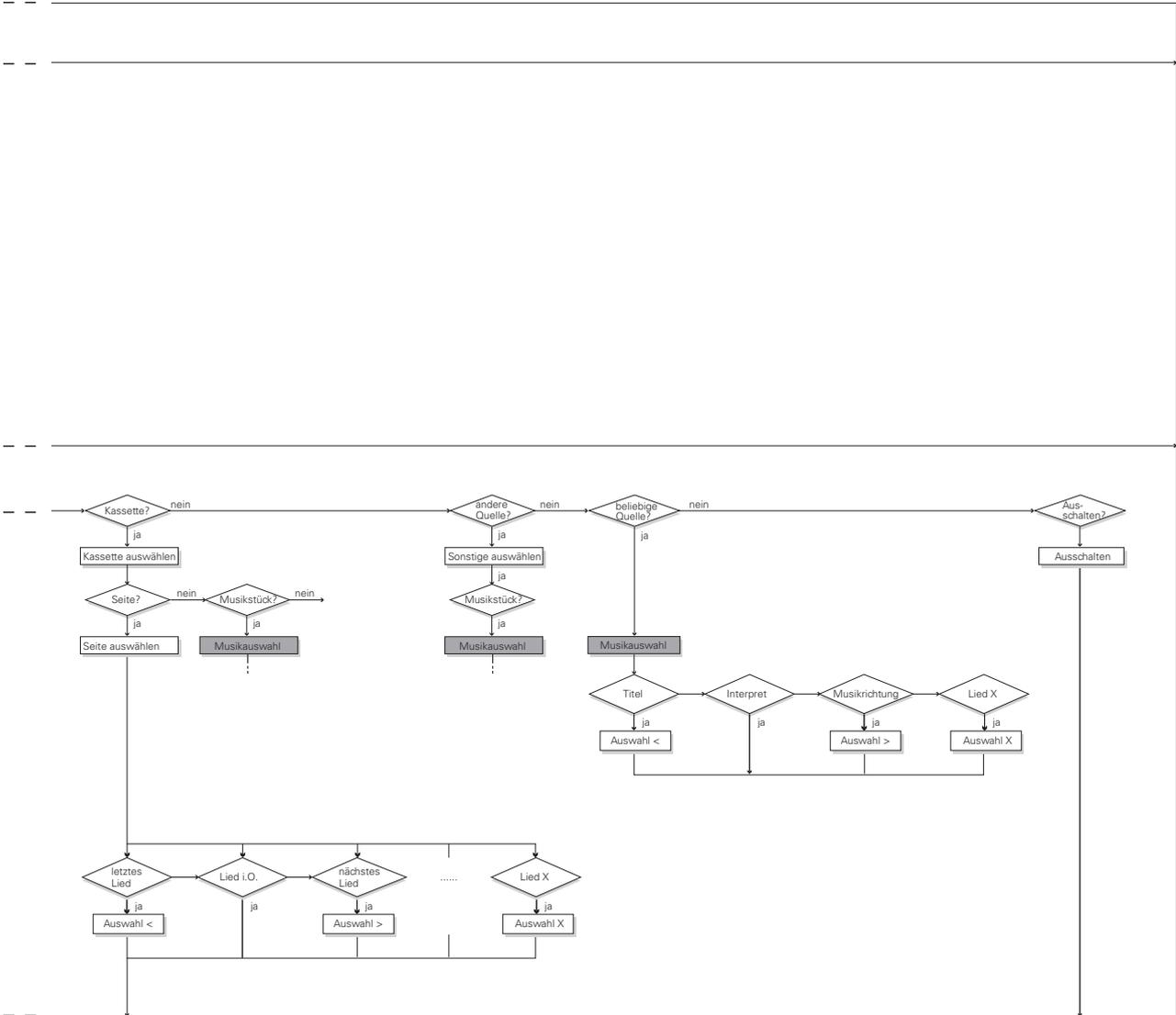


Lüftung regulieren  
Modell 2



Anhang II–2 Flussdiagramm »Audiobedienung«





Anhang III – 1 Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – konevntionelles System aufgabe 1 – 5

Analyse ErgoQ.xls

Schritt	Gestaltungsempfehlung	Aufgabe 1		Aufgabe 2		Aufgabe 3		Aufgabe 4		Aufgabe 5	
		Suchlauf- wippe	Stations- tasten	Umschalten auf Cassette	Fader auswählen	Laut- sprecher einstellen	Auf CD umschalten	Bestimmte CD wählen	Titel anwählen	Klima Luft. Scheibe	Klima Luftmenge erhöhen
<b>Auffinden der Funktion</b>	Bilden von logischen Zuordnung der Funktionen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Keine versteckten Funktionen	1	1	0	1	1	0,5	1	1	1	1
	Keine Doppelbelegung von Betätigungselementen	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen	1	0,5	0	0	1	0	1	0	1	1
	X1	4	3,5	1,5	3	3	1,5	4	3	4	4
	Q1	1	0,875	0,375	0,75	0,75	0,375	1	0,75	1	1
<b>Erkennen der Betätigungsart</b>	Klare Produktsemantik der Betätigung	1	0	1	1	1	0,5	1	1	0	1
	Kontinuierliche Bedienprinzipien	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	X2	2	1	2	1	2	1,5	2	1	2	2
	Q2	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1
<b>Betätigung</b>	Bediensicherheit	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1
	Primäre Kompatibilität	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sekundäre Kompatibilität	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	X3	3	2,5	3	3	3	2	3	3	3	3
	Q3	1	0,8333333	0,8333333	1	1	0,6666667	1	1	1	1
<b>Erkennen der Rückmeldung der Betätigung</b>	Deutliche Haptik, Akustik des Bedienelementes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Visuelle Bestätigung über eine deutliche Anzeige	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	X4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Q4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Erkennen der Rückmeldung der Funktionserledigung</b>	Klare Anzeige des Funktionszustandes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Bei Wartezeiten, Anzeige dass das System beschäftigt ist.	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	Reaktionszeiten innerhalb der Erwartung (100-200ms)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
	X5	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2
	Q5	1	1	0,6666667	1	1	0,6666667	0,3333333	0,6666667	0,3333333	0,3333333

<b>X ist</b>	2,2361	1,9860625	1,9261541	1,6837664	2,1360009	1,8892973	1,6837664	2,0275875	1,8047007	2,0275875	2,0275875
<b>Q.E</b>	88,82	86,14	75,30	95,52	84,49	75,30	90,68	80,71	90,68	90,68	90,68

**Fragen zur Radiobedienung**

Timecode: \_\_\_\_\_

Welches Radio haben Sie in Ihrem Privatfahrzeug?

\_\_\_\_\_

Haben Sie Probleme bei der Bedienung Ihres Radios? Wenn ja, welche?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

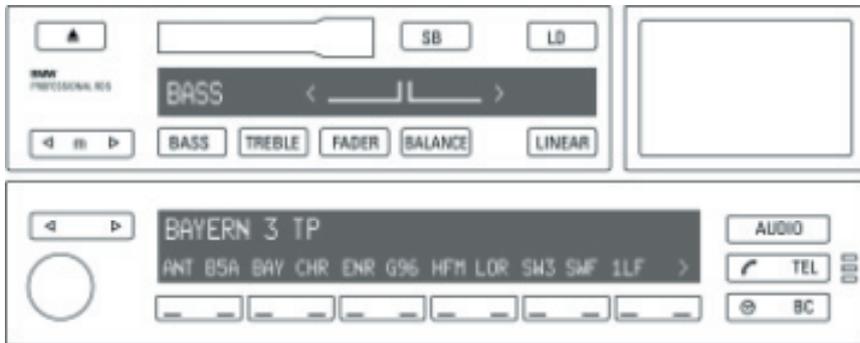
Welche Funktionen Ihres Autoradios benutzen Sie?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Schalten Sie bitte das Radio ein. Welche Funktionen, bzw. Tasten sind Ihnen nicht bekannt?



**Aufgaben:**

Suchen Sie bitte Bayern 3 und speichern Sie ihn auf die Stationstaste 3.

Suchen: Funktion richtig gelöst

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Speichern: Funktion richtig gelöst

Bedienprobleme  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Anhang III–2 Fragebogen zur Aufgabenstellungen – konventionelles System – Seite 2

Schalten Sie um auf Cassettenbetrieb. Welche Funktionen sind Ihnen nicht bekannt?



Funktion richtig gelöst   
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Stellen Sie bitte die Lautsprecher nach hinten.

Funktion richtig gelöst   
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Stellen Sie die Lautsprecher wieder in die Normalposition.

Schalten Sie um auf CD-Betrieb. Welche Funktionen sind Ihnen nicht bekannt?



Funktion richtig gelöst   
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Wählen Sie die CD Nummer 2

Funktion richtig gelöst   
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Wählen Sie das 3. Lied auf CD Nr. 2

Funktion richtig gelöst   
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

## Anhang III–2 Fragebogen zur Aufgabenstellungen – konventionelles System – Seite 3

**Wie wichtig sind für Sie folgende Radiofunktionen:**

Geben Sie hierzu Schulnoten von 1 = sehr wichtig bis 6 = überflüssig. Entfällt, falls sie die Funktion nicht kennen.

**Wie häufig benutzen Sie folgende Radiofunktionen:**

Geben Sie hierzu Schulnoten von 1 = sehr häufig bis 6 = nie.

Entfällt, falls Sie die entsprechende Funktion nicht in Ihrem Radio haben.

## Wechseln bzw. Wählen des Wellenbereiches (UKW, MW, LW ...)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Wahl eines Regionalstation

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Senderwahl über Suchlauftaste

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Senderwahl mittels Stationsstaste

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Sendersuche in einem eingeschränkten Wellenbereich

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Sender speichern auf eine Stationstaste

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Anhang III–2 Fragebogen zur Aufgabenstellungen – konventionelles System – Seite 4

## Automatische Speicherung der empfangsstärksten Sender (Autostore)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Einstellen eines Regionalsender

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Manueller Suchlauf

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Automatischer Suchlauf mit Anspielfunktion (Scan-Funktion)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Klangeinstellung (Baß, Höhen)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Regulierung der Lautsprechereinstellung (Fader, Balance)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Einstellen der Verkehrsfunksenderfunktion

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Anhang III–2 Fragebogen zur Aufgabenstellungen – konventionelles System – Seite 5

## Wahl der Audioquelle (Radio, Tape, CD)

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Cassettenbetrieb

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Verkehrsfunkempfang

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Vor- /Rücklauf

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Vor-/Rücklauf bis zum nächsten Titel

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Anwahl der Cassettenseite

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Rauschunterdrückung einstellen

	1	2	3	4	5	6	Entfällt
Wichtig	<input type="checkbox"/>						
Häufig	<input type="checkbox"/>						

## Anhang III–2 Fragebogen zur Aufgabenstellungen – konventionelles System – Seite 6

**Fragen zur Heizungs- und Klimaanlagebetätigung:**

Timecode: \_\_\_\_\_

Stellen Sie bitte die Luftzufuhr am Kopfbereich höher

Luftverteilung

 ja ⇨ Aufgabe erfüllt nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Luftmenge

 ja ⇨ Aufgabe erfüllt nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Wie wirkt die Bedienung dieses Fahrzeuges allgemein auf Sie?

(Tastengestaltung, Bedienkomfort, Anzeigen, etc. ...)

---



---



---

Wo haben Sie Schwierigkeiten bei der Bedienung?

---



---



---

Finden Sie die Bedienung des Fahrzeuges allgemein selbsterklärend?

Geben Sie Noten von 1 = völlig selbsterklärend bis 6 = keinesfalls selbsterklärend.

1	2	3	4	5	6
<input type="checkbox"/>					

Welche Funktionen finden Sie weniger selbsterklärend?

---



---



---

Haben Sie sonstige Anmerkungen, die die Bedienung des E38 betreffen?

---



---



---

VP Nummer:

Seite 6

04\_5Statistik.xls

VP	Sender einstellen <b>Aufgabe 1</b>	Kassette <b>Aufgabe 2</b>	Klang Fader <b>Aufgabe 3</b>	Lied auf CD einstellen CD Nr <b>Aufgabe 5</b>	Titel <b>Aufgabe 5</b>	Scheibe beschädigt Luftmenge <b>Aufgabe 6</b>	Li	Li^2			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3-1</b>	<b>3-2</b>	<b>5-1</b>	<b>5-2</b>	<b>5-3</b>	<b>6-1</b>	<b>6-2</b>		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	1	0	0	1	1	1	1	1	1		
3	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1		
5	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
6	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
7	1	1	1	0	1	1	1	1	0		
8	1	1	1	0	1	1	1	1	1		
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
11	1	1	1	0	1	1	1	1	1		
12	1	1	0	0	0	1	1	1	1		
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1		
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
16	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
18	0	0	0	0	1	1	1	0	1		
19	1	0	0	0	1	1	1	1	1		
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
23	1	1	1	0	1	1	1	1	1		
24	1	1	0	1	1	1	1	1	0		
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
26	1	0	1	1	1	1	1	1	1		
27	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
33	1	0	0	0	0	1	1	1	1		
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
35	1	0	1	1	1	1	1	1	0		
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<b>Summe</b>	<b>39</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>330</b>	<b>2712</b>
<b>Quote richtig</b>	95,12%	82,93%	75,61%	95,12%	85,37%	97,56%	82,93%	97,56%	92,68%		

**Fehler**  
2

**Fehlerquote**  
4,88%

Anhang III – 3  
 Ergebnisse aus dem Versuch –  
 Aufgabenbearbeitung –  
 konventionelles System  
 richtig bearbeitete Aufgaben der Pro-  
 banden

7  
10  
6  
1  
7  
1  
3

17,07%  
24,39%  
14,63%  
2,44%  
17,07%  
2,44%  
7,32%

Anhang IV – 1 Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – Flache Struktur – Aufgabe 1 – 3

Schritt	Gestaltungsempfehlung	Aufgabe 1			Aufgabe 2			Aufgabe 3		
		Soil	Audio drücken	Suchlauf Taste	Stations-taste	Suchlauf Taste	Stations-taste	CD auswählen	CD Nr auswählen	Titel anwählen
<b>Auffinden der Funktion</b>	Bilden von logischen Zuordnung der Funktionen	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	Keine versteckten Funktionen	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Keine Doppelbelegung von Betätigungselementen	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen	1	1	0,5	0	0,5	0	1	1	1
<b>Q1</b>		4	3	3,5	3	3,5	3	4	3,5	4
<b>Erkennen der Betätigungsart</b>	Klare Produktsemantik der Betätigung	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1
	Kontinuierliche Bedienprinzipien	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Q2</b>		2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Betätigung</b>	Bediensicherheit	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Primäre Kompatibilität	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5
	Sekundäre Kompatibilität	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Q3</b>		3	3	2,5	3	2,5	3	3	3	2,5
<b>Erkennen der Rückmeldung der Betätigung</b>	Deutliche Haptik, Akustik des Bedienelementes	1	1	0,8333333333	1	0,8333333333	1	1	1	0,8333333333
	Visuelle Bestätigung über eine deutliche Anzeige	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
		1	1	1	1	1	1	1	1	0,5
<b>Q4</b>		2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1
<b>Erkennen der Rückmeldung der Funktionserledigung</b>	Klare Anzeige des Funktionszustandes	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5
	Bei Wartezeiten, Anzeige dass das System beschäftigt ist.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Reaktionszeiten innerhalb der Erwartung (100-200ms)	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Q5</b>		3	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Q Gesamt</b>		2,236068	1,798919429	1,770220482	1,798919429	1,770220482	1,798919429	1,8333333333	1,8333333333	1,748014747
<b>Q. Prozentual</b>		80,45	79,17	80,45	79,17	80,45	81,99	81,99	81,99	78,17
<b>Q. pro Aufgabe</b>		138,606173 80,02431128	173,2050808 79,8105537	112,8691675 79,8105537	141,4213562 80,73691699	139,8404423 80,73691699	173,2050808 80,73691699	173,2050808 80,73691699	173,2050808 80,73691699	173,2050808 80,73691699

Anhang IV – 1 Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – Flache Struktur – Aufgabe 4 – 8

Gestaltungsempfehlung	Aufgabe 4		Aufgabe 5		Aufgabe 6		Aufgabe 7		Aufgabe 8		
	Klima auswählen	Mehr Luft unten	Audio auswählen	CD 2 auswählen	Titel auswählen	CD Nr 6 wählen	Radio Auswählen	Suchlauf	Stations-taste auswählen	Klima auswählen	Defrost betätigen
Bilden von logischen Zuordnung der Funktionen	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
Keine versteckten Funktionen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Keine Doppelbelegung von Betätigungselementen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen	1	0	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0,5
<b>01</b>	3	3	3	4	4	4	4	3	3,5	3	3
	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,75</b>	<b>0,875</b>	<b>0,75</b>	<b>0,875</b>
Klare Produktsemantik der Betätigung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kontinuierliche Bedienprinzipien	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>02</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Bediensicherheit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Primäre Kompatibilität	1	0,5	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1
Sekundäre Kompatibilität	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1
<b>03</b>	3	2,5	3	3	2,5	3	3	3	2,5	3	3
	<b>1</b>	<b>0,833333333</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,833333333</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,833333333</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Deutliche Haptik, Akustik des Bedienelementes	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Visuelle Bestätigung über eine deutliche Anzeige	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>04</b>	1	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>
Klare Anzeige des Funktionszustandes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bei Wartezeiten, Anzeige dass das System beschäftigt ist.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktionszeiten innerhalb der Erwartung (100-200ms)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>05</b>	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333

<b>Q Gesamt</b>	1,709857044	1,618040653	1,798919429	1,916666667	1,835226295	1,916666667	1,798919429	1,770220482	1,798919429	1,798919429	1,854517757
<b>Q Prozentual</b>	76,47	72,36	80,45	85,72	82,07	85,72	80,45	79,17	80,45	80,45	82,94
<b>Q pro Aufgabe</b>	105,2768561	141,4213562	143,3713317	173,2050808	173,2050808	173,2050808	173,2050808	173,2050808	173,2050808	173,2050808	141,4213562
	74,44197886	82,77547694	82,77547694	85,72	85,72	85,72	80,0241691	85,72	80,0241691	85,72	81,70236725

Anhang IV – 2 Bewertung aus der systemergonomischen Analyse – Tiefe Struktur – Aufgabe 1 – 2

Schritt	Gestaltungsempfehlung	Aufgabe 1				Aufgabe 2			
		Soll	Audio drücken	Sendernum auswählen	Suchlauf Taste	Stations-taste	Sendernum auswählen	Suchlauf Taste	Stations-taste
<b>Auffinden der Funktion</b>	Bilden von logischen Zuordnung der Funktionen	1	0	1	1	1	1	1	1
	Keine versteckten Funktionen	1	1	1	1	1	1	1	1
	Keine Doppelbelegung von Bedienelementen	1	1	1	1	1	1	1	1
	Eindeutige Kennzeichnung der Funktionen	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
		4	3	3,5	3,5	3	3,5	3,5	3
	<b>Q.1</b>	1	<b>0,75</b>	<b>0,875</b>	<b>0,875</b>	<b>0,75</b>	<b>0,875</b>	<b>0,875</b>	<b>0,75</b>
<b>Erkennen der Betätigungsart</b>	Klare Produktsemantik der Betätigung	1	1	1	1	1	1	1	1
	Kontinuierliche Bedienprinzipien	1	1	1	1	1	1	1	1
	<b>Q.2</b>	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Betätigung</b>	Bediensicherheit	1	1	1	1	1	1	1	1
	Primäre Kompatibilität	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
	Sekundäre Kompatibilität	1	1	1	1	1	1	1	1
		3	3	3	2,5	3	3	3	2,5
	<b>Q.3</b>	1	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,833333333</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,833333333</b>	<b>1</b>
<b>Rückmeldung der Betätigung</b>	Deutliche Haptik, Akustik des Bedienelementes	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Visuelle Bestätigung über eine deutliche Anzeige	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	<b>Q.4</b>	1	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>	<b>0,75</b>
<b>Rückmeldung der Funktionserledigung</b>	Klare Anzeige des Funktionszustandes	1	1	1	1	1	1	1	1
	Bei Wartezeiten, Anzeige dass das System beschäftigt ist.	1	0	0	0	0	0	0	0
	Reaktionszeiten innerhalb der Erwartung (100-200ms)	1	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Q.5</b>	3	1	1	1	1	1	1	1
		1	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>	<b>0,333333333</b>

**Q Gesamt** 2,236068 1,798919429 1,854517757 1,770220482 1,798919429 1,854517757 1,770220482 1,798919429

**Q Prozentual** 80,45 82,94 79,17 80,45 80,45 82,94 79,17 80,45

**Q pro Aufgabe** 161,5242114 200 162,7766823 173,2050808  
80,76210568 93,97916136





Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Versuchsbeginn

## Einleitung 1. Versuchstermin

---

- System wird eingeschaltet, Menüleiste wird gezeigt und erläutert
- Versuchsperson kann (max. 2 Minuten) mit dem System "herumspielen"
- Voreinstellung Klimaanlage stellt sicher, dass alle Scheiben beschlagfrei sind
- Voreinstellung Audiosystem: Radiobetrieb
- Ausdrücklicher Hinweis bei jedem Versuchstermin:  
Verkehrssicherheit geht vor richtige Bedienung**
- Zuletzt Telefonmenü einschalten und VP selbst ausprobieren lassen: Eingabe einer beliebigen Telefonnummer
- Versuchsperson soll Displayhelligkeit so einstellen, dass bestmögliche Ablesbarkeit vorliegt

---

**Frage 1** Haben Sie schon einmal ein BM-System bedient?

nein

ja, und zwar das System\_\_\_\_\_

**Frage 2** Wie finden Sie diese Form der Bedienung ganz allgemein? Was ist Ihr erster Eindruck?

---

---

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Flache Struktur – S. 1

## Aufgaben Versuch FS & FF (flache Menüstruktur)

### Aufgabe 1 (Audio)

#### Sie wollen jetzt einen anderen Sender hören! Bitte stellen Sie Sender 2 ein!

(je nach Empfangslage; einer der gezeigten Sender, aber nicht der voreingestellte)

Audio-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

entspr.Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

#### Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt? ja nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

### Aufgabe 2 (Audio)

#### Bitte stellen Sie jetzt den Sender 3 ein!

(je nach Empfangslage; einer der gezeigten Sender, aber nicht der voreingestellte)

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

entspr.Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

#### Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt? ja nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

### Aufgaben Versuch 1 & 2 (flache Menüstruktur)

**Standversuch**  **Fahrversuch**  **VP-Nummer**

### Aufgabe 3.1 (Audio)

#### Sie möchten jetzt eine CD anhören!

CD-Taste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Flache Struktur – S. 2

**Aufgabe 3.2** (Audio)

**Bitte wählen Sie die 5. CD aus!**

Taste "CD 5" gedrückt

ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

**Aufgabe 3.3** (Audio)

**Bitte beginnen Sie mit der Wiedergabe beim 2. Titel!**

Titelsprung-Taste 1x gedrückt

ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 4** (Klima)

**Bitte stellen Sie auf der Fahrerseite das Gebläse im Fußraum um eine Gebläsestufe höher!**

Klima-Taste gedrückt

ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Lüfter-Taste Fahrer korrekt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

Aufgaben Versuch 1 & 2 (flache Menüstruktur)

**Standversuch**  **Fahrversuch**  **VP-Nummer**

**Aufgabe 5** (Audio)

**Wählen Sie bitte den 3. Titel auf CD Nummer 2 an!**

Audio-Taste gedrückt

ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Taste "CD 2" gedrückt

ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Titelsprung-Taste 2x gedrückt

ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Flache Struktur – S. 3

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 6** (Audio)

**Sie möchten jetzt die 6. CD anhören!**

Taste "CD 6" gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 7** (Audio)

**Bitte stellen Sie jetzt den Sender 4 ein!**

(je nach Empfangslage; einer der gezeigten Sender, aber nicht der voreingestellte)

Radio-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Aufgaben Versuch 1 & 2 (flache Menüstruktur)

**Standversuch**  **Fahrversuch**  **VP-Nummer**

entspr. Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 8** (Klima)

**Bitte betätigen Sie die Windschutzscheiben-Defrost-Funktion!**

Klima-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Flache Struktur – S. 4

Defrost-Taste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Bemerkungen Klima** \_\_\_\_\_

**Bemerkungen Audio** \_\_\_\_\_

**Fragen zum Schluß**

---

**Bitte vergeben Sie Schulnoten von 1 bis 6 für**

**Einfachheit** der Bedienung (Fahrt/Stand) \_\_\_\_\_

**Overview** (Fahrt/Stand) \_\_\_\_\_

**Informationsgehalt** (Fahrt/Stand) (1= genau richtig) Audio \_\_\_\_\_ Klima \_\_\_\_\_

zw = zu wenig, zv = zu viel Information, entf. bei „1“ \_\_\_\_\_

**Übersichtlichkeit** (Fahrt/Stand) Audio \_\_\_\_\_ Klima \_\_\_\_\_

Aufgaben Versuch 1 & 2 (flache Menüstruktur)		
<b>Standversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>Fahrversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>VP-Nummer</b>

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Tiefe Struktur – S. 1

## Aufgaben Versuch TS & TF (tiefe Menüstruktur)

### Aufgabe 1 (Audio)

**Sie wollen jetzt einen anderen Sender hören! Bitte stellen Sie Sender 2 ein!**

(je nach Empfangslage; einer der gezeigten Sender, aber nicht der voreingestellte)

Audio-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Sender-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

entspr.Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

### Aufgabe 2 (Audio)

**Bitte stellen Sie jetzt Sender 3 ein!** (siehe Anmerkung oben!)

Sender-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

entspr.Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt

nein, sondern \_\_\_\_\_

Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

Aufgaben Versuch 3 & 4 (tiefe Menüstruktur)

**Standversuch**  **Fahrversuch**  **VP-Nummer**

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System – Tiefe Struktur – S. 2

**Aufgabe 3.1** (Audio)

**Sie möchten jetzt eine CD anhören!**

Quellen-Taste gedrückt       ja     nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

CD-Taste gedrückt       ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Aufgabe 3.2** (Audio)

**Bitte wählen Sie die 5. CD aus!**

CD Nr. Titel gedrückt       ja     nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Taste "CD 5" gedrückt       ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Aufgabe 3.3** (Audio)

**Bitte beginnen Sie mit der Wiedergabe beim 2. Titel!**

Titelsprung-Taste 1x gedrückt       ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?     ja     nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 4** (Klima)

**Bitte stellen Sie auf der Fahrerseite das Gebläse im Fußraum um eine Gebläsestufe höher!**

Klima-Taste gedrückt       ja     nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Fahrer-Taste gedrückt       ja     nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Aufgaben Versuch 3 & 4 (tiefe Menüstruktur)		
<b>Standversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>Fahrversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>VP-Nummer</b>

Lüfter-Taste Fahrer korrekt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
 Begründung \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Tiefe Struktur – S. 3

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 5** (Audio)

**Wählen Sie bitte den 3. Titel auf CD Nummer 2 an!**

Audio-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

Taste "CD 2" gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

Titelsprung-Taste 2x gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 6** (Audio)

**Sie möchten jetzt die 5. CD hören!**

CD Nr. Titel gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

Taste "CD 2" gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?**  ja  nein

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

Aufgaben Versuch 3 & 4 (tiefe Menüstruktur)

**Standversuch**  **Fahrversuch**  **VP-Nummer**

**Aufgabe 7** (Audio)

**Bitte stellen Sie im Radio Sender 4 ein!** (siehe Anmerkung Aufgabe 1!)

Quellen-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

Radio-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_  
Begründung \_\_\_\_\_

Sender-Taste gedrückt  ja  nein, sondern \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System – Tiefe Struktur – S. 4

Begründung\_\_\_\_\_

Suchlauf-Taste ⇨ Sender  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern\_\_\_\_\_

Begründung\_\_\_\_\_

entspr.Stationstaste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern\_\_\_\_\_

Begründung\_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Aufgabe 8** (Klima)

**Bitte betätigen Sie die Windschutzscheiben-Defrost-Funktion!**

Klima-Taste gedrückt  ja  nein, sondern\_\_\_\_\_

Begründung\_\_\_\_\_

Defrost-Taste gedrückt  ja ⇨ Aufgabe erfüllt  
 nein, sondern\_\_\_\_\_

Begründung\_\_\_\_\_

**Wenn Fehler gemacht wurde: Trotzdem Aufgabe erfüllt?  ja  nein**

Verkehrsdichte	<input type="checkbox"/> hoch	Fahrfehler
	<input type="checkbox"/> mittel	_____
	<input type="checkbox"/> gering	_____

**Bemerkungen Klima** \_\_\_\_\_

**Bemerkungen Audio** \_\_\_\_\_

Aufgaben Versuch 3 & 4 (tiefe Menüstruktur)		
<b>Standversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>Fahrversuch</b> <input type="checkbox"/>	<b>VP-Nummer</b>
<b>Fragen zum Schluß</b>		

**Bitte vergeben Sie Schulnoten von 1 bis 6 für**

**Einfachheit** der Bedienung (Fahrt/Stand) \_\_\_\_\_

**Overview** (Fahrt/Stand) \_\_\_\_\_

**Informationsgehalt** (Fahrt/Stand) (1= genau richtig) Audio \_\_\_\_\_ Klima \_\_\_\_\_

zw = zu wenig, zv = zu viel Information, entf. bei „1“ \_\_\_\_\_

**Übersichtlichkeit** (Fahrt/Stand) Audio \_\_\_\_\_ Klima \_\_\_\_\_

Anhang IV–3 Fragebogen zur Aufgabenstellung – bildschirmbasiertes System –  
Abschlussfragebogen

## **Abschluss 4. Versuchstermin**

---

**Wie finden Sie diese Form der Bedienung? Was ist abschließend Ihr  
Gesamteindruck?**

---

---

---

---

**War die Bedienung mit der Wippe für Sie angenehm? Wenn nicht, warum?**

---

---

**Welche Variante haben Sie lieber bedient?** (zum Vergleich Struktogramme zeigen!)

- die flache Menüstruktur
- die tiefe Menüstruktur

**Wie beurteilen Sie die graphische Qualität der Displaydarstellung?**

**Bitte vergeben Sie Schulnoten von 1 bis 6!**

Kontrast                    \_\_\_\_\_  
Lesbarkeit                \_\_\_\_\_  
Auflösung                 \_\_\_\_\_  
Farbgestaltung          \_\_\_\_\_

**Kritik an der Durchführung der Versuchsreihe:**

---

---



Anhang IV – 4 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Flache Struktur – Standversuch – Aufgabe 1 – 5

Flache Struktur Stand – Aufgabe 1 – 5

VP	Aufgabe 1		Aufgabe 2	Aufgabe 3		Aufgabe 4		Aufgabe 5			
	1-1	1-2		3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	5-1	5-2	5-3
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
11	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe	24	24	24	24	23	22	24	20	23	24	21
Fehler	0	0	0	0	1	2	0	4	1	0	3

Anhang IV – 4 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Flache Struktur – Standversuch – Aufgabe 6 – 8

Flache Struktur Stand – Aufgabe 6 – 8

VP	Aufgabe 6	Aufgabe 7	Aufgabe 8	Li	Li2
	6	7-1	7-2	8-1	8-2
1	1	1	1	1	15
2	1	1	1	1	13
3	1	1	1	1	15
4	1	1	1	1	15
5	1	1	1	1	16
6	1	1	1	1	16
7	1	1	1	1	16
8	1	1	1	1	15
9	1	1	1	1	13
10	1	1	1	1	15
11	1	1	1	1	14
12	1	1	1	1	16
13	1	1	1	1	16
14	1	1	1	1	14
15	1	1	0	1	15
16	1	1	1	1	16
17	1	1	1	1	16
18	1	1	1	1	16
19	1	1	1	1	16
20	1	1	1	1	16
21	1	1	1	1	16
22	1	1	1	1	16
23	1	1	1	1	16
24	1	1	1	1	16
Summe	24	24	23	20	368

Fehler	0	0	1	0	4
--------	---	---	---	---	---

Anhang IV – 4 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Flache Struktur – Fahrversuch – Aufgabe 1 – 5

Flache Struktur Fahrt – Aufgabe 1 – 5

VP	Aufgabe 1		Aufgabe 2	Aufgabe 3		Aufgabe 4		Aufgabe 5		
	1-1	1-2		3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	5-1	5-2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
11	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
19	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe	24	24	24	24	20	17	24	24	23	22
Fehler	0	0	0	0	4	7	0	0	1	2

Anhang IV – 4 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Flache Struktur – Fahrversuch – Aufgabe 6 – 8

Flache Struktur Fahrt – Aufgabe 6 – 8

VP	Aufgabe 6	Aufgabe 7 7-1	Aufgabe 7 7-2	Aufgabe 8 8-1	Aufgabe 8 8-2	Li	Li^2
1	1	1	1	1	1	16	256
2	1	1	1	1	1	13	169
3	1	1	1	1	1	16	256
4	1	1	1	1	1	15	225
5	1	1	1	1	1	15	225
6	1	1	1	1	1	16	256
7	1	0	1	1	1	15	225
8	1	1	1	1	1	15	225
9	1	1	1	1	1	16	256
10	1	1	1	1	1	15	225
11	1	1	1	1	1	14	196
12	1	1	1	1	1	15	225
13	1	1	1	1	1	16	256
14	1	1	1	1	1	16	256
15	1	1	1	1	1	15	225
16	1	1	1	1	1	16	256
17	1	1	1	1	1	16	256
18	1	1	1	1	1	15	225
19	1	1	1	1	1	15	225
20	1	1	1	1	1	16	256
21	1	1	1	1	1	16	256
22	1	0	1	1	1	14	196
23	1	1	1	1	1	16	256
24	1	1	1	1	1	16	256
Summe	24	22	24	24	24	368	5658
Fehler	0	2	0	0	0		

Anhang IV – 5 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Tiefe Struktur – Standversuch – Aufgabe 1 – 4

Tiefe Struktur Stand – Aufgabe 1 – 4

VP	Aufgabe 1		Aufgabe 2		Aufgabe 3					Aufgabe 4				
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1	4-2	4-3	
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	
11	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
18	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
24	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
Summe	23	22	23	24	24	20	20	22	22	22	22	24	24	19
Fehler	1	2	1	0	0	4	4	2	4	2	2	0	0	5



Anhang IV – 5 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Tiefe Struktur – Fahrversuch – Aufgabe 1 – 4

Tiefe Struktur Fahrt – Aufgabe 1 – 4

VP	Aufgabe 1		Aufgabe 2		Aufgabe 3					Aufgabe 4				
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1	4-2	4-3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
19	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	
20	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Summe	24	24	24	24	24	20	20	23	22	24	22	24	23	20
Fehler	0	0	0	0	0	4	4	1	2	0	2	0	1	4

Anhang IV – 5 Ergebnisse aus dem Versuch – Aufgabenbearbeitung – Tiefe Struktur – Fahrversuch – Aufgabe 5 – 8

Tiefe Struktur Fahrt – Aufgabe 5 – 8

VP	Aufgabe 5				Aufgabe 6		Aufgabe 7			Aufgabe 8		Li	Li2	
	5-1	5-2	5-3	5-4	6-1	6-2	7-1	7-2	7-3	7-4	8-1			8-2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	24	576
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	576
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	576
5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	24	576
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	529
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	484
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	529
12	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	25	625
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	576
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	22	484
18	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	23	529
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	529
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24	576
21	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	24	576
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	529
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	625
<b>Summe</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>577</b>	<b>13895</b>

<b>Fehler</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
---------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Anhang IV – 6 Aufgabenqualität – Stand / Fahrversuch – Aufgabe 1 – 8 Flache Struktur – Tiefe Struktur

VP	Aufgabe 1		Aufgabe 2		Aufgabe 3		Aufgabe 4		Aufgabe 5		Aufgabe 6		Aufgabe 7		Aufgabe 8	
	Flach	Tief														
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Summe	48	45	48	48	41	32	37	38	41	42	48	46	45	41	44	44

## Anhang IV–7 Aufgabenqualität – Fehlerzuordnung zu den Handlungsschritten

<b>Aufgabe 1 Tief Standversuch</b>		<b>Ins Audio Menü wechseln und den Sender wechseln</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
Auf Audiomenü umschalten	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
Sendermenü auswählen	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Stationstaste betätigen	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 3 Flach Standversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> CD auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	1* falsch betätigt aufgrund zu langer Systemreaktionszeit
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	2* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 3 Flach Fahrversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> CD auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	3* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 3 Tief Standversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Quelle umschalten	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
	Auffinden der Funktion	4* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
	Auffinden der Funktion	4* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsche CD ausgewählt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 5</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	2* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 3 Tief Fahrversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Quelle umschalten	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
	Auffinden der Funktion	2* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	2* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 5</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* Cursor falsch positioniert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 4 Flach Standversuch</b>		<b>Mehr Luft nach unten richten</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Klima-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Luftstrom unten erhöhen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	3* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 4 Flach Fahrversuch</b>		<b>Mehr Luft nach unten richten</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Klima-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Luftstrom unten erhöhen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 7</b>
	Auffinden der Funktion	3* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	4* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 4 Tief Standversuch</b>		<b>Mehr Luft nach unten richten</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Klima-Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Fahrer auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 5</b>
Luftstrom unten erhöhen	Auffinden der Funktion	3* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	2* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 4 Tief Fahrversuch</b>		<b>Mehr Luft nach unten richten</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Klima-Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
Fahrer auswählen	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
Luftstrom unten erhöhen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	4* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 5 Flach Standversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Audio-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 3</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	3* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 5 Flach Fahrversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Audio-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	1* falsche Menüebene
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	2* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 5 Tief Standversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Audio-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Menü CD auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsche CD ausgewählt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 5 Tief Fahrversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Audio-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Menü CD auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b> CD-Nr. auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b> Titel auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 6 Tief Standversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
CD Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
CD-Nr. auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 6 Tief Fahrversuch</b>		<b>Eine bestimmte CD anwählen und ein bestimmtes Lied auswählen</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
CD Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
CD-Nr. auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	1* falsch betätigt aufgrund zu langer Systemreaktionszeit

<b>Aufgabe 7 Flach Standversuch</b>		<b>Defrost Funktion aktivieren</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Klima-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Defrost-Taste betätigen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	1 * falsch betätigt aufgrund langer Reaktionszeit

<b>Aufgabe 7 Flach Fahrversuch</b>		<b>Ins Audio Menü wechseln und den Sender wechseln</b>
<b>Teilaufgabe 1</b> Auf Radio umschalten	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	2 * nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Stationstaste betätigen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 7 Tief Standversuch</b>		<b>Ins Audio Menü wechseln und den Sender wechseln</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 6</b>
Quelle umschalten	Auffinden der Funktion	5* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsch betätigt
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Auf Radio umschalten	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Sendermenü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Stationstaste betätigen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

<b>Aufgabe 7 Tief Fahrversuch</b>		<b>Ins Audio Menü wechseln und den Sender wechseln</b>
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
Quelle umschalten	Auffinden der Funktion	1* nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Auf Radio umschalten	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 3</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Sendermenü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 4</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Stationstaste betätigen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

Aufgabe 8 Flach Standversuch		Defrost Funktion aktivieren
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Klima-Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 4</b>
Defrost-Taste betätigen	Auffinden der Funktion	4* Symbol nicht erkannt
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

Aufgabe 8 Flach Fahrversuch		Defrost Funktion aktivieren
<b>Teilaufgabe 1</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Klima-Menü auswählen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b>	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
Defrost-Taste betätigen	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

Aufgabe 8 Tief Standversuch		Defrost Funktion aktivieren
<b>Teilaufgabe 1</b> Klima-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: -</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Defrost-Taste betätigen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	2* falsch betätigt aufgrund langer Systemreaktionszeit

Aufgabe 8 Tief Fahrtversuch		Defrost Funktion aktivieren
<b>Teilaufgabe 1</b> Klima-Menü auswählen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 1</b>
	Auffinden der Funktion	0
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	1* falsches Menü aktiviert
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0
<b>Teilaufgabe 2</b> Defrost-Taste betätigen	<b>Fehlerquelle</b>	<b>Gesamtzahl Fehler: 2</b>
	Auffinden der Funktion	2* Verwechslung mit anderer Funktion
	Erkennen der Betätigungsart	0
	Betätigung	0
	Rückmeldung der Betätigung	0
	Rückm. der Funktionserledigung	0

## Literaturverzeichnis

### **Assmann, E. (1985)**

Untersuchungen über den Einfluß einer Bremsweganzeige auf das Fahrerverhalten  
Dissertation  
Technische Universität München

### **Bauer, B.; McFadden, S. (1997)**

Linear separability and redundant colour coding in visual search displays  
in: Displays 18 (1997) S. 21-28  
London, Taylor and Francis

### **Bengler, K. (1995)**

Gestaltung und experimentelle Untersuchung unterschiedlicher  
Präsentationsformen von Wegleitungsinformationen in Kraftfahrzeugen  
Theorie und Forschung Bd. 376, Psychologie Bd. 126  
Regensburg, S. Roderer Verlag

### **Bengler, K.; Herrler, M.; Künzner, H. (2002)**

Usability Engineering bei der Entwicklung von iDrive  
In: it + ti Informationstechnik und technische Informatik  
Nr. 3(2002), S. 145–152  
Oldenburg Verlag

### **Bernand, M. (2004)**

Examining the Effects of Hypertext Shape on User Performance  
<http://psychology.wichita.edu/sur/usabilitynews/42/hypertext.htm>

### **Bernotat, R. (1993)**

Anzeigengestaltung  
In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Carl Hanser Verlag

### **Bubb, H. (1975)**

Untersuchungen über die Anzeige des Bremsweges im Kraftfahrzeug  
Dissertation  
Technische Universität München

### **Bubb, H. (1977)**

Ergonomie der Mensch-Maschine-Systems  
Habilitationsschrift an der Technischen Universität München  
Technische Universität München

**Bubb, H. (1992)**

Menschliche Zuverlässigkeit.  
Landsberg, ecomed

**Bubb, H. (1993/1)**

Informationswandel durch das System  
In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Bubb, H. (1993/2)**

Systemergonomische Gestaltung  
In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Bubb, H.; Bolte, U. (1988)**

Ergonomische Systemstudie über lenkradintegrierte Bedienelemente  
Studie im Auftrag der BMW AG  
Technische Universität München, Institut für Ergonomie

**Bubb, H.; Bubb, P. (1996)**

Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung ergonomischer Erkenntnisse  
In: Psychologische Beiträge, Band 38, S. 140–163

**Bubb, H.; Schmidtke, H. (1993)**

Systemstruktur  
In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Bubb, P. (1986)**

Ergonomie in der Personenkraftwagen-Entwicklung  
12. Fachtagung Münchner Arbeitskreis für Straßenfahrzeuge, München

**Bullinger, H.-J.; Solf, J. (1979)**

Ergonomische Arbeitsmittelgestaltung, Band I  
Forschungsbericht Nr. 196, Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
Bremerhaven, Wissenschaftsverlag

**Bullinger, H.-J.; Kern, P.; Muntzinger, W. (1987)**

Design of Controls  
In: Salvendy: Handbook of Human Factors  
New York, Wiley & Son

**Bullinger, H.-J. (1994)**

Ergonomie  
Stuttgart, Teubner Verlag

**Bullock, M. (1990)**

Ergonomics, a solution to product mis-match  
26th Annual conference of the ergonomics society of Australia

**Bortz, J. (2004)**

Statistik für Sozialwissenschaftler  
Berlin, Springer Verlag

**DeStatis (2004)**

Beförderte Personen und Güter  
Statistisches Bundesamt Deutschland  
<http://www.destatis.de/basis/d/verk/verktab4.php>  
Aktualisiert am 8. April 2004

**Deubzer, E. (1995)**

Die Logik im Knopf. Hierarchisches Modell zur Selbsterklärbarkeit  
von technischen Systemen im Fahrzeug-Cockpit.  
Dokumentation zur Studie im Auftrag der BMW AG

**Döring, B. (1982)**

System ergonomics as a basic approach to man-machine-systems design  
In: Schmidtke, H. (Hrsg): Ergonomics data für equipment design  
New York, Plenum Press

**Ehrlenspiel, K. (1995)**

Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung  
und Konstruktion  
München, Carl Hanser Verlag

**Eissing, G. (1992)**

Arbeitswissenschaft rechnet sich, Teil 2: Umgebungsgrößen und Arbeitsablauf

**Estermann, S. (1999)**

Komfortprognose für ein CAD-Menschmodell auf der Basis realer Fahrversuche  
Dissertation  
Technische Universität München

**Elsholz, M.; Bortfeld, M. (1987)**

Anwendungsorientierte Untersuchungen an Bedienungselementen in Kraftfahrzeugen nach ergonomischen und physiologischen Gesichtspunkten  
Proceedings of the 4e international Technical Conference S. 231-244

**Färber, B. (1990)**

Mehr Instrumente, mehr Sicherheit?  
VDI-Bericht Nr. 819  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Fastenmeyer, W. (1995)**

Autofahrer und Verkehrssituation, neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit im Straßenverkehr  
In: Häcker (Hrsg): Mensch-Fahrzeug-Umwelt, Band 33  
Köln, Verlag TÜV Rheinland

**Flügel, B., Greil, H.; Sommer, K. (1986)**

Anthropologischer Atlas  
Frankfurt/Main, Edition Wötzel

**Gengenbach, R. (1997)**

Fahrerverhalten im PKW mit Head-Up-Display,  
Gewöhnung und visuelle Aufmerksamkeit  
VDI-Fortschrittberichte  
Düsseldorf, VDI Verlag

**Geiser, G. (1985)**

Mensch-Maschine-Kommunikation im Kraftfahrzeug  
In: Automobiltechnische Zeitschrift Nr. 87 (1985)

**Geiser, G. (1990)**

Mensch-Maschine-Kommunikation  
München, Oldenburg Verlag

**Gevert, K.-V.; Künzer, H. (2003)**

Ergonomie und Komfort  
In: Braess/Seiffert (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik  
Wiesbaden, Vieweg Verlag

**Grandjean, E. (1967)**

Physiologische Arbeitsgestaltung  
München, Ott Verlag

**Gross, M. (2000)**

Positionierung von Displays im Kraftfahrzeug  
Diplomarbeit,  
Fachhochschule Hamburg

**Heard, E.A.; (1974)**

Symbol Study  
SAE paper 740304, Detroit: SAE.

**Herczeg, M. (1994)**

Software-Ergonomie  
Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation  
New York, Addison-Wesley

**Hermann, K. (1997)**

Veränderung der Blickverhaltensparameter beim Autofahren  
durch ein Navigationssystem  
Diplomarbeit  
Technische Universität München

**Helander (1987)**

Symbol Study  
SAE paper 740304, Detroit, SAE

**Hoyos, C. Graf; Kastner, M. (1986)**

Belastung und Beanspruchung von Kraftfahrern.  
Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 59  
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

**Isele, R. (2000)**

Application of transfective displays in driver information systems  
SID-MID Europe 2000  
München, Society of information displays

**Jacko, J. A.; Salvendy, G. (1996)**

Hierarchical menu design: breadth, depth, and task complexity.  
Perceptual and Motor Skills Nr. 82, S. 1187–1201

**Jones, S. (1995)**

Car guide me. Electronic navigation systems  
In: Financial Times 22.8.95  
Hamburg, Financial Times Verlag Dtl. GmbH & Co Kg

**Johannsen, G. (1993)**

Mensch-Maschine-Systeme  
Berlin, Springer Verlag

**Käppler, W.; Bernotat, B. (1985)**

Wirksystem Fahrer-Fahrzeug-Umwelt  
Verkehrssicherheit Wirksystem Fahrer,  
Köln, TÜV Rheinland

**Keck, E. (1987)**

Grundlagen zur Entwicklung und Gestaltung von Kraftfahrzeuginstrumenten  
Dissertation  
Technische Universität Berlin

**Keinath, A.; Baumann, M.; Gelau, C.; Bengler, K.; Krems, J.-F. (2000)**

Occlusion as a Technique for Evaluating In-Car Displays  
In: Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics Vol.V.II. (2000)  
International Conference on Engineering Psychology and  
Cognitive Ergonomics 2000  
Edinburgh, Scotland

**Kempf, G. (1996)**

Simulation von Prototypen vernetzter KFZ-Steuergeräte  
Dissertation  
Technische Universität München

**Klatzky, R. L.; Ledermann, S. J. (1993)**

Toward a computational model of constraint-driven  
exploration and haptic object identification.  
Perception, 22. S. 597–621

**Knoll, C. (1997)**

Experimentelle Untersuchung verschiedener  
Fahrzeugbedienstrukturen im Labor- und Fahrversuch  
Diplomarbeit  
Technische Universität München, LfE

**Knoll, G. Geiser, P. (1990)**

Konzept eines integrierten Fahrerinformationssystems  
VDI Bericht Nr. 819  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Knoll, P. (1986)**

Displays: Einführung in die Technik aktiver und passiver Anzeigen  
Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH  
Heidelberg

**König, W. (1992)**

Entwicklung und Simulation einer Mensch-Maschine-Schnittstelle  
VDI-Bericht Nr. 948  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Kraftfahrt-Bundesamt (2002)**

Neuzulassungen von Personenkraftwagen  
nach Segmenten und Modellreihen im November 2002  
Kraftfahrt-Bundesamt – Pressestelle  
www.kba.de

**Kraftfahrt-Bundesamt (2004)**

Neuzulassungen von Personenkraftwagen  
nach Segmenten und Modellreihen im Juli 2004  
Kraftfahrt-Bundesamt – Pressestelle  
www.kba.de

**Kraiss, K.-F. (1993)**

Mensch-Maschine-Dialog  
In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Larson und Czerwinsky (1998)**

Web pages design:  
implementations for memory, structure and scent for information retrieval  
CHI 98 Conference Proceedings, S. 25–32  
Los Angeles

**Mehl, K.; Ullwer W.; Mertens, J.; Reer, B. (1987)**

Simulation – ein geeigneter Zugang zur differenzierten Analyse  
menschlicher Zuverlässigkeit?  
In: Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systemen,  
Tagungsband 1. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme,  
ZMMS, Technische Universität Berlin

**Möhler, W. (1987)**

Untersuchung der visuellen Wahrnehmung des Straßenraumes und deren  
Einfluß auf das Fahrverhalten  
Dissertation  
RWTH Aachen

**Morita, K. (1998)**

Delay in response Time of automobile driver due to gazing at an  
in-vehicle navigation display device  
Journal of the illuminating engineering institute of japan  
Vol. 82, No.2

**Neuss, R. (2001)**

Usability Engineering als Ansatz zum multimodalen  
Mensch-Maschine-Dialog  
Dissertation  
Technische Universität München

**Nevett, L. (1972)**

Human Engineering applied to the design and grouping of electrical controls in the  
Motor Vehicle  
SAE paper 720233,  
Detroit, SAE

**Niedermeier, B.; Lang, M. (2001)**

Ein Ansatz zur kontextfreien Repräsentation multimodaler Dialoge unter  
Berücksichtigung der Dialogqualität  
VDI Fortschritt-Berichte Reihe 22. Nr.8 »Bedienen und Verstehen«  
Oktober 2001  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Nirschl, G. (1990)**

Werkzeug zur Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Dialogen  
im Kraftfahrzeug  
VDI Bericht Nr.: 819  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Nirschl, G.; Kopf, M. (1997)**

Untersuchung des Zusammenwirkens zwischen dem Fahrer  
und einem ACC-System in Grenzsituationen  
In: VDI-Bericht Nr. 1317, S. 149–164  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Norman, K. L.; Chin, J. P. (1988)**

The effect of tree structure on search performance in a hierarchical menu selection system.  
In: Behaviour and Information Technology Nr. 7, S. 51–65.  
London, Taylor and Francis

**Norman, D. (1989)**

Dinge des Alltags  
Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände  
Campus Verlag

**Perrow, C.(1984)**

Normal Accidents-Living with High-RiskTechnologies.  
Basic Books

**Pochmüller, W.; Baierl, W.; Spreitz, G.; Rehlich, S. (2003)**

Multimedia im KFZ  
In: Braess/Seiffert (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik  
Wiesbaden, Vieweg Verlag

**Popp, M. M.; Färber, B. (1997)**

Defizite und Probleme bei der Orientierung und Navigation,  
Fahrtvorbereitung und Orientierungsverhalten in fremden Städten  
In: VDI-Bericht Nr. 1317, S. 149–164  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Rasmussen, J. (1981)**

Models of mental strategies in process platn diagnosis  
In: Rasmussen, J.; Rouse, B. (Hrsg.):  
Human detection and diagnosis of system failures (S.241–258)  
New York, Plenum Press

**Rasmussen, J. (1995)**

The concept of Human Error and the Design of reliable Human-Machine-Systems  
In: Tagungsband: Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systemen,  
1. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme,  
Technische Universität Berlin

**Reason, J. (1990)**

Human Error  
Cambridge, Cambrige University Press

**Renner, G. J. (1995)**

Fahrzeugführung unter kognitiver Belastung – eine Simulationsstudie  
Dissertation  
RWTH Aachen

**Rouse, W. B.; Rouse, S. H. (1983)**

Analysis and Classification of Human Error in Industrial Production.  
IEEE Transaction of Systems, Man and Cybernetics, Vol. 13, No. 4.

**Rühmann, H.-P. (1993)**

Schnittstellen in Mensch-Maschine-Systemen  
In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Carl Hanser Verlag

**Rühmann, H.-P. (1996)**

Ergonomie 1 (für MW)  
Vorlesungsskript 5140  
Lehrstuhl für Ergonomie  
Technische Universität München

**Sanders, McCormick, (1987)**

Human Factors in engineering design  
New York, Mc Graw-Hill Book

**Salomon, G. (1990)**

New uses for color  
In: Laurel, B. (Hrsg.): The Art of human-computer Interface-Design  
Massachusetts, Addison-Wesley

**Seiffert, U. (1994)**

Der Zwang zu kürzeren Entwicklungszeiten und schnelleren Modellwechselzyklen  
Forschungsbericht des 15. int. Wiener Motorensymposium  
Vol.12, No205, S.387–389  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Schattenberg, K.; Debus, G. (2000)**

Multimodales Anzeige- und Bedienkonzept zur Steuerung technischer Systeme  
während der Fahrt im Kraftfahrzeug – Evaluationsbefunde zur Systemerweiterung  
mit paralleler Sprachbedienung  
Paper Vortrag 25.10.00  
ESG-Tagung 2000

**Schäfer, A. (2002)**

Elektronische Pfadfinder auf dem Vormarsch  
In: Automobilwoche 4, 04.03.2002  
Automotive News Group

**Schmidtke, H. (1993)**

Belastung und Beanspruchung  
In Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Schmidtke, H.; Rühmann, H.-P. (1993)**

Betriebsmittelgestaltung  
In: Schmidtke, H. (Hrsg.): Ergonomie  
München, Hanser Verlag

**Schulzki-Haddouti, C. (2004)**

»Intelligenz im Auto entlastet die Fahrer«  
VDI-Nachrichten, Nr. 35 (2004), S. 9  
Düsseldorf, VDI Verlag

**Snowberry, K., Parkinson, S., & Sisson, N. (1983).**

Computer display menus.  
In: Ergonomics, Nr. 26, S. 699–712  
London, Taylor and Francis

**Spanner, B. (1992)**

Einfluß der Kompatibilität von Stellteilen auf die menschliche Zuverlässigkeit  
Dissertation,  
Technische Universität München

**Stary, C. (1996)**

Interaktive Systeme, Software-Entwicklung und Software-Ergonomie  
Braunschweig, Vieweg Verlag

**Tannheimer, P. (1996)**

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle  
Semesterarbeit  
Technische Universität München, LfE

**Tichy, F. (1994)**

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zu aktiven  
geregelt Steuerknüppeln.  
VDI Fortschrittsbericht Reihe 12, Nr. 233  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Tannheimer, P. (1996)**

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle  
Semesterarbeit  
Technische Universität München, LfE

**Ulmer, H.-V. (1993)**

Arbeitsphysiologie  
In: Schmidt, Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen  
Berlin, Springer Verlag

**Vogel, K. (1996)**

Evaluation der taktilen Eigenschaften von Bedienelementen  
Diplomarbeit als Teil der Diplomprüfung für Psychologen  
Universität Regensburg

**Wagner, W. (1999)**

Entwicklung eines Software-Werkzeugs für die systemergonomische Analyse von  
Design-Konzepten in der Automobilindustrie (SAE-Tool)  
Diplomarbeit  
Technische Universität München, LfE

**Wandke, H. (1987)**

Mensch-Rechner-Interaktion: Sequentieller oder paralleler Informationsaustausch  
Handout zur Tagung Software-Ergonomie 1987  
»Nützen Informationssysteme dem Benutzer«  
Berlin

**Weernick, W. (1998)**

Navigation systems battle heats up  
In: Automotive News Europe, 03.08.1998  
Verlag

**Wendelin, D. (2004)**

Mit Intelligenz Staus vermeiden  
In: VDI Nachrichten Nr. 28 (2004)  
Düsseldorf, VDI-Verlag

**Zeller, A.; Wagner, A.; Spreng, M.**

iDrive – Zentrale Bedienung im neuen 7er von BMW  
in: Elektronik im Kraftfahrzeug  
VDI-Berichte 1646, S. 9971–1009  
Düsseldorf, VDI Verlag

**Zeidler, A.; Zellner, R. (1994)**

Software-Ergonomie, Techniken der Dialoggestaltung  
München, Oldenburg Verlag

**Zimbardo, P. (1996)**

Psychologie  
Berlin, Springer Verlag

**Zimmer, A. (1998)**

Ablenkung und Abwendung als Probleme der kognitiven Ergonomie  
Verhalten, Handlung und Kognition – Grundlagen und Anwendung  
Forschungsberichte vom Lehrstuhl Psychologie II der Universität Regensburg

**Zimmer, A.; Dahmen-Zimmer, K. (1997)**

Unveröffentlichter Beitrag zum Workshop:  
»Belastung, Beanspruchung und Aufmerksamkeit. Welchen Einfluss haben diese  
Faktoren auf die visuelle Ablenkung?« im Rahmen des Projekts MOTIV MMI AP/5  
Universität Regensburg

**Zimmermann R. (1976)**

Gestaltung von Mensch-Maschine-Kommunikationssystemen.  
In: Sartorius: Regelungstechnische Praxis,  
München, Oldenburg Verlag

**Zimmermann, M. (1993)**

Das somatoviscerale sensorische System  
In: Schmidt, Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen  
Berlin, Springer Verlag

**Zühlke, D. (2004)**

Useware-Engineering für technische Systeme  
Berlin, Springer Verlag

**Zwahlen (1988)**

Safety Aspects of CRT Touch Controls  
In: Gale, A. G. (Hrsg.): Automobiles, Vision in Vehicles II.  
Elsevier Science Publishers B.V.

**Normenverzeichnis:****DIN 1451**

Ausgabe: 1998-10  
Schriften – Serifenlose Linear – Antiqua  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**ISO 2575**

Ausgabe: 2004-05  
Road Vehicles – Symbols for controls, indicators and tell-tales  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**ISO 9241 (8)**

Ausgabe: 1997-10  
Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 8:  
Anforderungen an Farbdarstellungen  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**ISO 9241 (10)**

Ausgabe: 1996-05  
Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 10:  
Grundsätze der Dialoggestaltung  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**DIN 33 402**

Ausgabe: 1986-10  
Körpermaße des Menschen;  
Bewegungsraum bei verschiedenen Grundstellungen und Bewegungen  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**DIN 33 419**

Ausgabe 1993-02  
Allgemeine Grundlagen der ergonomischen Prüfung von Produktentwürfen  
und Industrieerzeugnissen  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**DIN 60447**

Vorentwurf Ausgabe 2004-12  
Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle,  
Kennzeichnung - Bedienungsgrundsätze (IEC 60447: 2004)  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag

**ISO 13407**

Ausgabe 2000-11  
Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme  
Deutsches Institut für Normung  
Berlin, Beuth Verlag