

Robert Rassel

Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw  
Systemergonomische Analyse und Prognose









**Lehrstuhl für Ergonomie  
der Technischen Universität München**

**Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben im Pkw  
Systemergonomische Analyse und Prognose**

**Robert Rassl**

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. Klaus Bender

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Heiner Bubb
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Heißing

Die Dissertation wurde am 21. Januar 2004 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 7. Juli 2004 angenommen.



***Meinen Eltern***





## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Hier ist zuerst Prof. Bubb zu nennen, der mir dieses interessante Projekt ermöglicht hat. Er hatte immer ein offenes Ohr und stand mit Rat und Tat bei so manchen Schwierigkeiten zur Seite. Besonders geschätzt habe ich die von ihm gewährte Freiheit, im Rahmen der Promotion auch eigene Wege gehen zu dürfen. Ohne die dabei gesammelten Erfahrungen wären die Versuche nicht so glatt verlaufen.

Die direkte und indirekte Unterstützung durch die Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls für Ergonomie der TU München möchte ich dabei nicht missen. Besonders sind hierbei die Herren Norbert Knoll, Michael Arzberger und Christian Zacherl hervorzuheben. Ihr fachmännisches Wissen und handwerkliches Geschick waren Grundlage für den professionellen Versuchsaufbau.

Versuche in dem gemachten Umfang können nicht ohne Mithilfe fleißiger Hände durchgeführt werden. Die Studenten Nicole Krüger, Christian Lange, Christian Röder, Thorsten Schrall und Charles Young waren stets mit ihrer Motivation und Zuverlässigkeit eine wesentliche Stütze bei allen Arbeiten rund um die Versuchsfahrten.

Der größte Dank kommt allerdings meiner Familie zu. Insbesondere meine Frau Alexandra hat mir auch in stürmischen Zeiten immer den Rücken frei gehalten. Schwierige Phasen gab es unglücklicherweise während der Projektbearbeitung mehr als genug. Trauriger Höhepunkt war der tödliche Verkehrsunfall meines Onkels Robert, der – soweit nachträglich feststellbar – durch ein verwirrendes Bedienkonzept für ein Fahrerassistenzsystem mitverursacht worden ist. Leider bekam dadurch die Aussage von Prof. Bubb, wonach hinter den Zahlen der bei Ablenkungsversuchen angewandten Statistik immer ein persönliches Schicksal steht, für mich eine neue Bedeutung.

München, 24. September 2003



## Abstract

### Deutsch

Tertiäre Aufgaben im Pkw stehen anders als die primären und sekundären Aufgaben nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung. Sie dienen ausschließlich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen der Insassen. Oberstes Ziel bei der Gestaltung tertiärer Aufgaben ist eine geringe Ablenkung des Fahrers. Die vorliegende Arbeit weist nach, dass mit einer systemergonomischen Analyse bereits bei deren Entwicklung ohne aufwändige Versuche die Ablenkungswirkung zu prognostizieren und zu reduzieren ist. Neun tertiäre Aufgaben mit insgesamt 36 systemergonomisch unterschiedlichen Auslegungen werden dazu in einem Fahrzeug simuliert und in Realversuchen mit 26 Probanden untersucht. Dabei werden maximale Blickabwendungen von der Verkehrssituation von bis zu 16 Sekunden gemessen. Allgemein ist bei systemergonomisch schlechten Auslegungen eine signifikant größere Ablenkung festzustellen. Basierend auf den Erkenntnissen sind neun Regeln für die Gestaltung tertiärer Aufgaben formuliert, die auch bei Fragen der Software-Ergonomie angewendet werden können.

### English

Different from primary and secondary tasks tertiary tasks in cars are not directly connected with the driving task. Tertiary tasks contain all kinds of comfort, entertainment, and information systems. While designing tertiary tasks only little driver distraction has to be achieved. The present study proves that distraction by tertiary tasks can be prognosticated and reduced already during the development without costly experiments by using a system ergonomic analysis. Therefore nine tertiary tasks with a total of 36 different system ergonomically designed layouts are simulated in a car and tested in a field trial with 26 subjects. Periods of up to 16 seconds are measured in which the test person does not follow the call progress state. In general, tertiary tasks with according to system ergonomics bad designed layouts are significantly more distracting. Based on these findings nine rules are established for designing tertiary tasks, which can also be applied for software development.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundbegriffe</b> .....	<b>4</b>
2.1	Tertiäre Aufgaben beim Autofahren .....	4
2.2	Ablenkung .....	6
2.3	Systemergonomische Gestaltungsmaximen .....	8
<b>3</b>	<b>Hypothesen</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Versuchsaufgaben</b> .....	<b>19</b>
4.1	Anforderungen an die Versuchsaufgaben .....	19
4.2	Integration der Versuchsaufgaben .....	19
4.3	Aufgabenbeschreibung .....	21
4.3.1	Bedienung .....	21
4.3.2	Führungsart .....	34
4.3.3	Aufgabenart .....	35
4.3.4	Rückmeldung .....	38
4.4	Zusammenfassung der Versuchsaufgaben .....	39
<b>5</b>	<b>Versuchsdesign</b> .....	<b>41</b>
5.1	Versuchsträger .....	41
5.2	Warm-Up .....	43
5.3	Messdatenerfassung .....	44
5.4	Versuchspersonenkollektiv .....	49
5.5	Versuchsstrecke .....	50
5.6	Versuchsablauf .....	52
5.7	Statistische Auswertung .....	54
5.7.1	Datenaufbereitung .....	54
5.7.2	Datenanalyse .....	56
5.8	Zusammenfassende Übersicht .....	60
<b>6</b>	<b>Versuchsergebnisse</b> .....	<b>61</b>
6.1	Allgemeine Ergebnisse .....	61
6.2	Bedienung .....	66
6.2.1	Information aus dem Bordcomputer lesen .....	66
6.2.2	Bass/Höhen verstellen im Radio .....	71
6.2.3	Temperatur verstellen (Typ1) .....	76
6.2.4	Temperatur verstellen (Typ2) .....	81

6.2.5	SMS beantworten .....	85
6.2.6	Navigationsziel eingeben.....	93
6.3	Führungsart.....	99
6.4	Aufgabenart.....	103
6.5	Rückmeldung .....	110
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerung und Ausblick.....</b>	<b>117</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>128</b>

## Zusammenfassung

Die Bedienung von Nebenaufgaben im Fahrzeug bedeutet unweigerlich eine Ablenkung des Fahrers. Nebenaufgaben, die nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung stehen und ausschließlich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen der Insassen dienen, werden als tertiäre Aufgaben bezeichnet.

Allgemeines Ziel bei der Gestaltung von tertiären Aufgaben ist die größtmögliche Reduktion der Ablenkungswirkung. Zur entsprechenden Beurteilung neuer Bedienkonzepte werden in der Regel Labor- oder Realversuche mit Prototypen durchgeführt. Um zukünftig diesen Aufwand reduzieren und das Ablenkungspotenzial bereits bei der Planung theoretisch beurteilen zu können, bieten sich die systemergonomischen Gestaltungsmaximen zur methodischen Aufgabenanalyse und Ablenkungsprognose an. Die systemergonomische Betrachtung ermöglicht eine Soll- und Ist-Darstellung von Aufgaben, bei denen die Informationsumsetzung in Mensch-Maschine-Systemen im Vordergrund steht. Die Soll-Darstellung beschreibt das Bedienkonzept aus Sicht der Aufgabe sowie des Anwenders und nimmt keine Rücksicht auf vorgesehene oder bestehende Konfigurationen. Die Ist-Darstellung gibt die geplante oder verwirklichte Systemauslegung wieder. Mit Hilfe eines Soll-/Ist-Vergleichs können damit Abweichungen vom systemergonomischen Optimum detektiert werden.

Die Untersuchung weist nach, dass auf diese Weise Rückschlüsse auf das Ablenkungspotential möglich sind und bereits frühzeitig durch geeignete technische Maßnahmen die Ablenkung vermindert werden kann.

Dafür werden neun tertiäre Aufgaben mit insgesamt 36 systemergonomisch guten und schlechten Ausprägungen in einem Fahrzeug simuliert. Bei den damit durchgeführten Realversuchen werden die subjektiven Beurteilungen sowie die Spurhaltung, das Bedien- und das Blickverhalten der Fahrer betrachtet.

Insgesamt werden Blickabwendungen von bis zu 16 Sekunden am Stück während der Betätigung tertiärer Aufgaben beobachtet. Generell zeigt sich, dass eine Abweichung vom systemergonomischen Soll eine verstärkte Ablenkung mit sich bringt und von den Anwendern als schwerer zu lösen bewertet wird. Dynamische Aufgaben, die für die Bedienung nur ein Zeitfenster von drei Sekunden erlauben, weisen eine große Ablenkungswirkung auf. Eine automatische Gestaltung von tertiären Aufgaben bringt nur Vorteile, wenn die manuelle Ausführung mit einer sehr komplizierten Bedienung verbunden ist. Ansonsten ist ein Automat bei tertiären Aufgaben nur zur Verbesserung des Bedienkomforts einzusetzen. Eine Rückmeldung muss innerhalb von circa 100-200 Millisekunden erfolgen. Bei Verzögerungen über zwei Sekunden wird eine signifikant stärkere Ablenkung gemessen. Alle gefundenen Erkenntnisse resultieren in neun Gestaltungsregeln.

Im Ganzen erweisen sich die systemergonomischen Gestaltungsmaximen als sehr wirksame Methode, tertiäre Aufgaben zu analysieren sowie mögliche Ablenkungspotenziale bereits frühzeitig bei der Planung zu detektieren und damit zu vermeiden. Darüber hinaus sind die Ergebnisse grundsätzlich auch auf Probleme der Software-Ergonomie anwendbar, weil zwischen der Bedienung tertiärer Aufgaben und Rechnern im Allgemeinen große Ähnlichkeiten bestehen.





## 1 Einleitung und Zielsetzung

Der Trend im Auto geht zu immer mehr Komfort. Blickt man in das Innere moderner Pkws, entdeckt man Komfortsysteme, die noch vor wenigen Jahren als extreme Luxusausstattung galten. Eine Klimautomatik oder ein eingebautes Telefon gehören mittlerweile genauso zum Standard wie hochwertige Stereoanlagen. Selbst das Abspielen von Filmen ist heute ohne großen Aufwand im Auto möglich.

Diese Systeme müssen alle bedient werden, so dass sich bei der Neukonzeption von Fahrzeuginnenräumen unweigerlich die Frage nach dem optimalen Bedienkonzept stellt. Dabei wird zunehmend versucht, eine Überflutung des Innenraumdesigns durch unzählige Bedienknöpfe zu vermeiden und sich auf wenige Bedienelemente zu beschränken. Gleichzeitig erhöht dies nach Aussagen der Hersteller den Bedienkomfort und schafft Platz für zusätzliche Elemente wie Ablagen oder Schubfächer. Im Vordergrund bei der Gestaltung eines solchen Bedienkonzepts steht allerdings stets das Ziel, den Fahrer durch die Bedienung der Systeme nicht übermäßig von der Fahraufgabe abzulenken.

Die Beschränkung bringt es mit sich, dass mit einem Bedienelement mehrere Funktionen gekoppelt sind. So kann etwa mit einem Element gleichzeitig die Bedienung des Radios, der Klimaanlage und des Telefons verbunden sein. Diese Mehrfachbelegung mit unterschiedlichen Systemen stellt sich in der Regel in einer Menüstruktur dar, die über verästelte Menüebenen zu den gewünschten Funktionen führt. Um in so einer Struktur sicher navigieren zu können, bedarf es einer geeigneten optischen Rückmeldung. Displays, die im Armaturenbrett oder in der Mittelkonsole verbaut sind, zeigen die jeweilige Menüebene mit den passenden Optionen an.

Eine solche Konzeption mit einfachem Bedienelement, Menüstruktur und Display ähnelt sehr stark der Bedienung eines Computers zu Hause oder im Büro. Das bedeutet, der Fahrer muss im Grunde parallel zur eigentlichen Fahraufgabe einen Rechner im Auto bedienen. Dabei wird er mit ähnlichen Problemen konfrontiert wie bei der Arbeit mit dem Computer. Wie bedient man den Rechner? Was muss gemacht werden, um das Ziel zu erreichen? Wie werden die gestellten technischen Hürden gemeistert? Aus allgemeiner Erfahrung mit dem Computer weiß man, dass die Programme dem Anwender bei der Lösung dieser Probleme sehr unterschiedlich entgegenkommen. Es gibt leicht und schwer zu bedienende Anwendungen. Ein schweres System fällt vor allem durch die größere Aufmerksamkeit auf, die man diesem zur Erfüllung der Aufgabenstellung widmen muss. Während jedoch deshalb ein schwer zu bedienender Rechner zu Hause oder im Büro nur zu Ärger oder Überstunden führen kann, kommt es im Auto zu einer Ablenkung von der eigentlichen Aufgabe, nämlich dem sicheren Führen des Fahrzeugs.

Soll das Bedienkonzept dem Fahrer dienen und sowohl die Ablenkungswirkung der Bedienung reduzieren als auch den Bedienkomfort verbessern, so ist dafür zu sorgen, dass der im Auto genutzte Rechner möglichst einfach zu bedienen ist. In diesem Zusammenhang sind generell zwei Arten von Fragestellungen zu berücksichtigen: Erstens ergibt sich die *anthropometrische Fragestellung*. Wo werden Bedien- und Anzeigenelemente platziert, damit sie leicht zu erreichen und zu betrachten sind? Zweitens eröffnet sich die *systemergonomische Fragestellung*. Hier steht der Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine im Vordergrund. Was

will der Autofahrer bezwecken und inwiefern kommt ihm das technische System dabei entgegen? Kann der Anwender erkennen, ob er etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er hatte? Und wie groß ist der Umcodieraufwand zwischen verschiedenen Informationskanälen? Die vorliegende Arbeit beschränkt sich nur auf den systemergonomischen Aspekt und klammert die anthropometrischen Überlegungen aus.

Antworten auf die systemergonomischen Fragestellungen lassen sich über diverse Wege finden. Beim ersten Ansatz wird ein Bedienkonzept für das Auto entwickelt und anschließend entsprechend getestet. Die Tests können unterschiedlicher Art sein. Die einfachste Version ist der direkte Test beim Kunden. Frei nach dem Motto „Der Markt entscheidet“ soll sich die beste Variante herauskristallisieren. So ein Vorgehen nach dem Zufallsprinzip ist die denkbar schlechteste Lösung. Zum einen werden potenzielle Marktanteile mit einem schlechten System von vornherein ausgeklammert. Zum anderen besteht gleichzeitig die Gefahr eines Imageschadens, den sich kein Hersteller leisten kann. Besser ist es, Prototypen vor der Markteinführung entsprechend zu untersuchen und mit anderen Systemen zu vergleichen. Der Vergleich kann mit Hilfe von Real-, Simulator- oder einfachen Laborversuchen erfolgen. Dies ist jedoch wegen notwendiger Messtechnik, Versuchspersonen, Auswertungen usw. mit großem Zeit- und Geldaufwand verbunden. Viel Erfolg versprechender ist ein Vorgehen, bei dem bereits während der Systementwicklung mögliche Bedienschwierigkeiten und Ablenkungspotenziale erkannt und berücksichtigt werden. Es ergeben sich daraus zahlreiche Vorteile. Von Anbeginn wird das bessere System entwickelt, das sich auf dem Markt leichter behaupten kann. Umfangreiche Tests können eingespart werden, so dass sich die Produktentwicklungszyklen verkürzen und Entwicklungskosten einsparen lassen.

Für ein solches Vorgehen muss allerdings ein Werkzeug zur Verfügung stehen, das Bedienhürden und Ablenkungspotenziale schon während der Systemplanung offenbart. Dieses Werkzeug muss die Soll-Darstellung, Ist-Darstellung und die Vergleichbarkeit der Soll- und Ist-Darstellung eines Systems aus Bediener Sicht ermöglichen (Bubb, 1993a). Unter Soll-Darstellung wird die Analyse des Bedienkonzeptes aus der Sicht der Aufgabe ohne Rücksicht auf eine mögliche oder schon bestehende Aufgabenkonfiguration verstanden. Dem gegenüber steht die Ist-Darstellung. Hier wird das realisierte oder mögliche Bedienkonzept für die Aufgabe analysiert. Kann die Soll- und Ist-Darstellung verglichen werden, sind mögliche Abweichungen zu erkennen. So erkannte Diskrepanzen zwischen Ist und Soll decken mögliche Schwierigkeiten bei der Bedienung und damit unnötige Ablenkungspotenziale auf. In Form der Gestaltungsmaximen der Systemergonomie ist ein entsprechendes Werkzeug zur Analyse von Aufgaben vorhanden, bei denen der Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine im Mittelpunkt steht.

Wie später noch erläutert wird, können Bedienaufgaben, die im Fahrzeug anfallen, in primäre, sekundäre und tertiäre Aufgaben unterteilt werden. Tertiäre Aufgaben beziehen sich dabei in erster Linie auf die Bedienung von Komfortsystemen, die mit der eigentlichen Fahraufgabe nichts gemein haben. Ziel dieser Arbeit ist es nachzuweisen, dass für tertiäre Aufgaben mit Hilfe des Werkzeugs der systemergonomischen Analyse, mögliche Ablenkungspotenziale im Pkw zu erkennen und damit diese bereits in der Entwicklungsphase zu minimieren sind.

Die Vorgehensweise zum Nachweis dieser These umfasst sechs Schritte. Zuerst wird untersucht, welche systemergonomischen Aspekte für tertiäre Aufgaben im Auto

in Betracht zu ziehen sind. Als nächstes werden Hypothesen formuliert, die den Einfluss einer Abweichung von den einzelnen systemergonomischen Vorgaben auf die Ablenkung vorhersagen. Drittens sind dazu passende Versuchsaufgaben zu planen, die entweder dem systemergonomischen Soll folgen oder davon abweichen. Damit können gute und schlechte Varianten einer gleichen Aufgabenstellung miteinander verglichen werden. Diese Bedienkonzepte werden anschließend in einem Versuchsträger integriert. Dabei kommen ein Dreh-Drücksteller als Bedienelement und ein Display zur Anwendung. Im fünften Schritt führt man Realversuche auf einfachen Straßen mit wenig Verkehr durch. Hierbei werden unterschiedliche Messgrößen wie Blick- sowie Bediendaten, Spurfehler oder Bewertungen durch die Versuchspersonen erfasst. Schließlich werden die gewonnenen Daten ausgewertet, interpretiert und die aufgestellten Hypothesen überprüft.

Im nachfolgenden Kapitel wird eine Gliederung für die beim Führen eines Kraftfahrzeuges auftretenden Aufgaben vorgestellt. Ebenso sind die Grundbegriffe der Ablenkung und der Systemergonomie erläutert. In Kapitel drei findet sich eine Aufstellung der Hypothesen zu den betrachteten systemergonomischen Aspekten. Kapitel vier beschreibt die bei den Realversuchen gestellten Versuchsaufgaben. Auf das Versuchsdesign wird im fünften Kapitel eingegangen, während im sechsten die gefundenen Versuchsergebnisse vorgestellt und erörtert werden. Das letzte Kapitel bietet eine Zusammenfassung, einen Abgleich mit den formulierten Hypothesen und einen Ausblick auf die mögliche Verwendung der Ergebnisse.

## 2 Theoretische Grundbegriffe

In diesem Kapitel wird auf die theoretischen Grundbegriffe eingegangen, die Grundlage sind für die Planung, Durchführung und Auswertung der Versuchsfahrten. Hierzu wird zuerst ein Schema für die beim Autofahren auftretenden Aufgaben vorgestellt. Ein Modell zur Erklärung von Ablenkung fügt sich an. Eine kurze Beschreibung der drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen schließt das Kapitel ab.

### 2.1 Tertiäre Aufgaben beim Autofahren

In der Einleitung wurde bereits erwähnt, dass sich die vorgestellte Arbeit ausschließlich auf die Ablenkungswirkung von tertiären Aufgaben beschränkt. Nachfolgend wird erläutert was unter einer tertiären Aufgabe zu verstehen ist. Dafür wird zuerst das Strukturbild eines Mensch-Maschine-Systems genauer betrachtet, um darauf basierend die drei Typen von Aufgaben näher vorzustellen, die beim Autofahren auftreten.

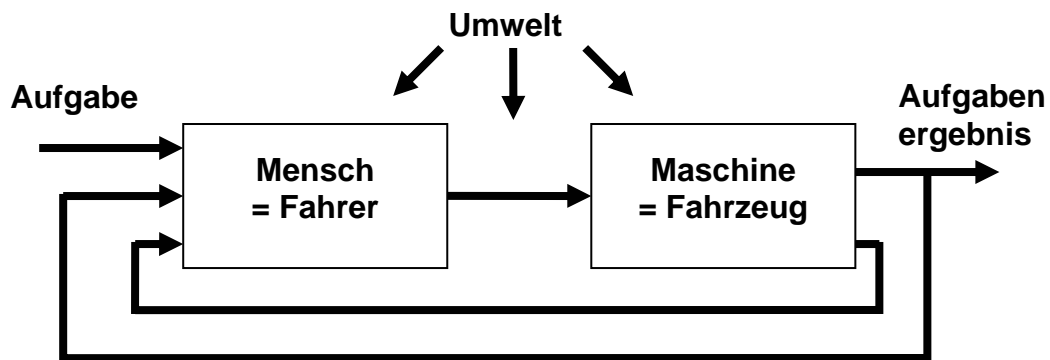


Abbildung 2-1: Strukturbild des Mensch-Maschine-Systems

Das in Abbildung 2-1 vorgestellte Strukturbild des Mensch-Maschine-Systems ist ein wichtiger Ausgangspunkt ergonomischer Fragestellungen (Bubb und Seiffert 1992a; Schmidtke 1993). Dieses System fundiert auf den beiden Elementen Mensch und Maschine, die im vorliegenden Fall gleichzusetzen sind mit dem Fahrer und dem Fahrzeug. Zwischen Mensch und Maschine besteht eine zweigeteilte Interaktion. Zum einen beeinflusst der Mensch über entsprechende Bedienelemente die Maschine. Die Ansteuerung der Maschine kann dabei über unterschiedliche Kanäle erfolgen. Zum Beispiel lenkt der Fahrer mit den Händen während er gleichzeitig mit den Beinen bremst oder Gas gibt. Die Bedienung muss aber nicht nur auf die äußeren Extremitäten beschränkt bleiben. Auch eine Ansteuerung über die Sprache ist denkbar und technisch möglich. Zum anderen trägt die Maschine ebenso einen Teil zur Interaktion bei, indem eine Rückmeldung an den Menschen geliefert wird. Beim Auto kann dies in haptischer (Kräfte von Bedienelementen, gespürte Beschleunigung), akustischer (Warnton, allg. Geräusche im Kfz) oder visueller Form (Anzeigen) erfolgen. Selbstverständlich interagiert der Mensch mit der Maschine nicht zum Selbstzweck. Vielmehr möchte er mit dieser Interaktion ein Aufgabenergebnis bzw. ein Ziel erreichen. Dieses ist im Strukturbild auf der rechten Seite skizziert. Um ein Ergebnis erzielen zu können, bedarf es einer dem Menschen

gestellten Aufgabe, die im Schaubild links eingezeichnet ist. Bis zum Erreichen des Ziels gleicht der Mensch ständig das Ergebnis mit der Aufgabenstellung ab und passt bei Bedarf die Aufgabe an. Schließlich wirken auf das Mensch-Maschine-System diverse Umwelteinflüsse ein, welche die Interaktion zwischen Mensch und Maschine beeinflussen können. Das Strukturbild aus Abbildung 2-1 zeigt demzufolge anschaulich, wie der Mensch in das Mensch-Maschine-System eingebunden ist.

Betrachtet man allerdings das Mensch-Maschine-System Fahrer-Fahrzeug genauer, erkennt man, dass sich der Fahrer ganz unterschiedlichen Aufgaben konfrontiert sieht. Es erweist sich als sinnvoll, diese in primäre, sekundäre und tertiäre Aufgaben zu untergliedern (Bubb, 2003).

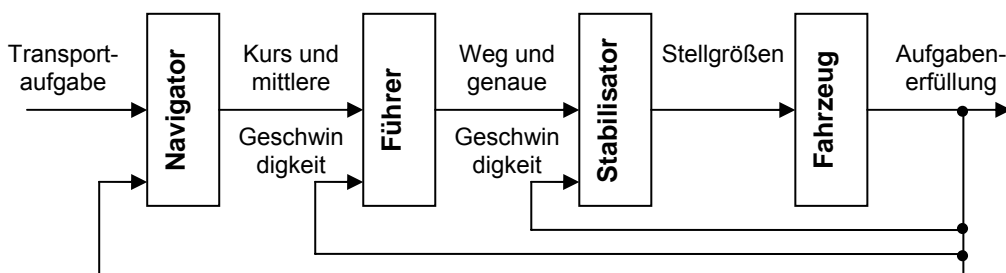


Abbildung 2-2: Hierarchie der verschachtelten Regelkreise bei der Fahrzeugbedienung (Bubb, 1993)

Die primäre Fahraufgabe wird durch den Straßenverlauf, andere Fahrzeuge und sonstige Verkehrsteilnehmer aber auch durch Umgebungsbedingungen wie die Witterung bestimmt. Gemäß Bubb (2002) reduziert sich die primäre Aufgabe auf die Forderung: „jede Berührung mit stehenden oder sich bewegenden Objekten im Verkehrsraum ist zu vermeiden“. Die primäre Fahraufgabe umfasst demzufolge die eigentliche Fahrzeugführung. Diese Fahrzeugführung kann mit Hilfe eines hierarchisch verschachtelten Regelkreises beschrieben werden, der aus den drei Ebenen Navigationsaufgabe, Führungsaufgabe und Stabilisierungsaufgabe besteht und in Abbildung 2-2 skizziert ist (Bernotat, 1970; Bubb, 1993). Diese drei einzelnen Aufgaben werden vom Fahrer mitunter unbewusst durchgeführt, müssen aber alle erfüllt werden. Ein einfaches Beispiel soll die drei Ebenen näher erläutern. Angenommen wird eine Fahrt zu einem bestimmten Ort. Um diese Fahrt durchführen zu können, muss der Fahrer zuerst festlegen, auf welcher Route und in welcher voraussichtlichen Fahrzeit der Zielort zu erreichen ist. Die Auswahl des zu fahrenden Kurses und der geplanten durchschnittlichen Geschwindigkeit entspricht der Navigationsaufgabe. Auf der Strecke unterwegs, wird der Fahrer mit unterschiedlichen Verkehrssituationen konfrontiert und muss seinen im Augenblick notwendigen Kurs festlegen. Dazu gehört zum Beispiel seine augenblickliche Geschwindigkeit oder die gewählte Fahrspur. Diese Aufgabe wird als Führungsaufgabe bezeichnet. Schließlich fällt es dem Fahrer anheim, die Ausgangsgrößen der Führung mit Hilfe des Fahrzeugs in die Realität umzusetzen. Dafür bedient er Lenkrad, Gaspedal und Bremse. Hierbei spricht man von einer Stabilisierungsaufgabe.

Sekundäre Aufgaben fallen zwar im Rahmen der Fahraufgabe verkehrs- bzw. umweltbedingt an, dienen aber nicht dem eigentlichen Halten des Fahrzeugs auf der Straße. Sie können in reaktiv bedingte und aktive Aufgaben unterteilt werden. Reaktive sekundäre Aufgaben erfolgen auf Grund der Verkehrssituation. Dazu zählen etwa Ablenden, Einschalten des Wischers, aber auch Kuppeln und Schalten sowie die Bedienung eines Tempomats. Aktive Aufgaben verfolgen den Zweck mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren. Dies kann in Form des Blinkers oder der Hupe erfolgen.

Tertiäre Aufgaben stehen nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung. Sie dienen lediglich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen. Dazu gehören beispielsweise Radio, Telefon, Heizung, Klimaanlage, sonstige Unterhaltungsgeräte und zukünftige Komfortsysteme wie Internet oder Bürotechnik.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Fahrer im Mensch-Maschine-System in Interaktion mit seinem Fahrzeug steht. Sein Ziel ist es, die gestellte Aufgabe mit Hilfe des Mensch-Maschine-Systems zu erfüllen. Beim Fahren mit dem Auto können primäre, sekundäre und tertiäre Aufgaben unterschieden werden. Die primäre Fahraufgabe entspricht dem Ziel ohne Kollision von einem Ort zum nächsten zu kommen und wird in Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsaufgabe weiter unterteilt. Sekundäre Aufgaben haben mit dem eigentlichen Fahren nichts gemein. Sie treten als Reaktion auf eine Verkehrssituation oder als Kommunikationsmittel auf. Tertiäre Aufgaben befriedigen schließlich nur das Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnis des Fahrers.

Um einen Zusammenhang zwischen der Gestaltung von tertiären Aufgaben und der Ablenkungswirkung finden zu können, stellt sich die Frage was unter Ablenkung zu verstehen ist. Aufschluss gibt das nachfolgende Kapitel.

## 2.2 Ablenkung

Stellt man Überlegungen zum Begriff Ablenkung an, erkennt man sehr schnell, dass ein Zusammenhang mit der Aufmerksamkeit besteht. Deshalb wird in der psychologischen Literatur die Ablenkung in der Regel auch über die Aufmerksamkeit erläutert. Der anschließende Abschnitt beschreibt daher zuerst die Aufmerksamkeit und führt über das Modell der Ressourcen Allokation zu einer Definition für Ablenkung.

Was ist Aufmerksamkeit? Unzählige Reize bzw. Informationen wirken auf den Menschen ein. Diese Reize können vom Menschen verarbeitet werden. Der Mensch schenkt den Reizen seine Aufmerksamkeit. Allerdings können bei der Informationsflut nicht alle Reize verarbeitet werden. Der Mensch muss sich daher auf einen bestimmten Reiz fokussieren. *Aufmerksamkeit ist somit eine Fokussierung auf Reize und die Informationsverarbeitung dieser Reize.* Gemäß Wessels (1994) lassen sich drei Arten von Aufmerksamkeit unterscheiden. Als erstes ist die *selektive Aufmerksamkeit* zu nennen. Diese tritt ein, wenn sich der Mensch nur auf einen Reiz konzentriert und alle anderen Reize vernachlässigt. Die selektive Aufmerksamkeit kann etwa beim Autofahren im dichten und schwierigen Stadtverkehr beobachtet werden, wenn der Fahrer eine gleichzeitige Bedienung des Radios unterbricht, um sich vollständig der anspruchsvollen Verkehrssituation widmen zu können. Die zweite Art ist die *geteilte Aufmerksamkeit*. Hier ist beispielsweise der Fahrer in der Lage sein Auto zu führen und sich gleichzeitig mit dem Beifahrer zu unterhalten.

Aufmerksamkeit ist jedoch nicht immer ein bewusster Vorgang. Hochgeübte Handlungen können mit der *unbewussten Aufmerksamkeit* erledigt werden. Ein Beispiel hierfür ist das Fahren auf einer Autobahn ohne Verkehr bei mittlerer Geschwindigkeit. Aufgabe der kognitiven Psychologie ist es, ein Modell zum Verstehen und Erklären der Aufmerksamkeit zu finden.

Hierzu gibt es eine Vielzahl an Erklärungsversuchen. Die ersten entwickelten Modelle (Filter Modell, Abschwächungsmodell, Modell der späten Selektion) haben den Nachteil, dass sie im Grunde nur eine Erklärung für die selektive Aufmerksamkeit liefern. Andere Arten der Aufmerksamkeit werden nicht berücksichtigt. Daher wird derzeit zur Beschreibung der Aufmerksamkeit das Modell der Ressourcen Allokation verwendet. Demnach verfügt der Mensch über einen begrenzten Pool von kognitiven Ressourcen, den er bei der Informationsverarbeitung einsetzt. Wird einer Aufgabe Aufmerksamkeit gewidmet, so werden dieser Ressourcen zugeordnet. Je schwerer die Aufgabe, desto mehr Ressourcen müssen aufgebracht werden. Das heißt für andere Aufgaben, die nicht im primären Vordergrund stehen, bleiben nur noch wenige Ressourcen übrig. Dabei setzt der Mensch die begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen auf flexible Art und Weise ein.

Mit Hilfe des Modells der Ressourcen Allokation können die drei Arten der Aufmerksamkeit erklärt werden. Bei der selektiven Aufmerksamkeit werden von einer Aufgabe so viele Verarbeitungsfähigkeiten blockiert, dass der Mensch sich für eine der gestellten Aufgaben entscheiden muss. Eine beim Autofahren anspruchsvolle Unterhaltung mit dem Mitfahrer wird deshalb schlagartig unterbrochen, weil die sich erschwerende Verkehrssituation eine vollständige Aufmerksamkeit verlangt und alle kognitiven Kapazitäten auf sich zieht. Ist die gestellte Aufgabe dagegen einfach und werden nur wenige Ressourcen zur Bearbeitung dieser benötigt, stehen für andere Aufgaben ausreichend Ressourcen zur Verfügung. Eine geteilte Aufmerksamkeit ist damit möglich, wie sie beispielsweise beim gleichzeitigen Autofahren und Reden vorkommt. Die unbewusste Aufmerksamkeit ist schließlich die Steigerung der geteilten Aufmerksamkeit. Die Aufgabe ist so wenig anspruchsvoll, weshalb nur eine geringe Anzahl an Ressourcen reserviert wird.

Obwohl das Modell der Ressourcen Allokation die drei Arten der Aufmerksamkeit erläutern kann, ergeben sich daraus neue Fragen, die bis zum heutigen Zeitpunkt von der Wissenschaft noch nicht beantwortet werden können. Im Wesentlichen umfassen diese Unklarheiten zu den Ressourcen und zur Reihenfolge der jeweiligen Aufgaben. Man hat keine konkrete Vorstellung was unter kognitiven Ressourcen zu verstehen ist. Auch weiß man nicht, wie diese zu messen sind. Selbst die Frage, ob es verschiedene Arten von Ressourcen gibt, ist bisher unbeantwortet. So ist es keine Überraschung, dass auch die mögliche Größe eines Ressourcenpools unbekannt ist. Eine Aussage inwiefern die Größe dieses Pools konstant ist, verbietet sich somit auch. Bei der Verteilung der Ressourcen zu den bearbeiteten Aufgaben unterscheidet man beim vorgestellten Modell zwischen primären und sekundären Aufgaben. Dabei ergibt sich das Problem, inwiefern die vom jeweiligen Menschen unbewusst gewählte Einteilung in primäre und sekundäre Aufgabe mit der objektiven Situation übereinstimmt. Kann es passieren, dass ein Fahrer sich primär um die Bedienung des Radios kümmert und die Fahraufgabe als sekundär einstuft, obwohl die Verkehrssituation seine vollständige Aufmerksamkeit bräuchte? Kann sich diese Reihenfolge in der Wertigkeit der Aufgabe dynamisch verändern? Wenn dem so ist,

nach welchen Kriterien wird diese Reihenfolge vom Menschen bestimmt? Gemäß Rützel (1977) kommen als Auslöser für die Aufmerksamkeit vier Typen von Faktoren in Betracht. Erstens können akute organismische Defizite wie Temperatur, Schmerz, Sexualität, Hunger oder Durst die Aufmerksamkeit beeinflussen. Zweitens spielen Motive, Einstellungen, Gewohnheiten und Interessen eine Rolle. Als drittes sind objektive Reizgegebenheiten zu berücksichtigen. Eigenschaften wie Intensität, Größe, Farbigkeit oder Bewegung haben hier ihren Einfluss. Schließlich spricht Rützel von „collativen“ Reizvariablen, „die mit dem Grad der Neuheit, Unerwartetheit und Komplexität von Reizen etwas zu tun haben, was mit redundanztheoretischen Ansätzen der Ästhetik zusammenfällt: Altbekanntes und zu Einfaches sind langweilig, wobei der aufmerksamkeitswirksamste Grad an Komplexität stark von Entwicklung und Erfahrung abhängt.“

Trotz aller neuen Fragen, die sich aus dem Modell der Ressourcen Allokation ergeben, kann damit der Begriff der Ablenkung beschrieben werden. *Ablenkung ist das Binden von kognitiven Ressourcen.* Möchte man daher Ablenkung messen, muss man die Bindung von Ressourcen erfassen. Das Messen dieser Bindung ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, da ein direkter Blick in das menschliche Gehirn verwehrt ist. Jedoch kann durch Messen bzw. Beobachten von menschlichen Fehlern oder Handlungen auf die Bindung von Ressourcen indirekt geschlossen werden. Das Blockschaltbild des Mensch-Maschine-Systems (vgl. Abbildung 2-1) zeigt wo solche menschlichen Fehler und Handlungen beobachtbar und messbar sind. Das ist zum einen unmittelbar an der menschlichen Handlung zwischen Mensch und Maschine und zum anderen mittelbar am Arbeitsergebnis.

Das Fazit der Überlegungen ergibt, dass Ablenkung in Zusammenhang steht mit der Aufmerksamkeit. Aufmerksamkeit ist ein Fokussieren auf und Verarbeiten von Reizen. Es gibt drei Arten von Aufmerksamkeit, die alle mit dem Modell der Ressourcen Allokation erklärt werden können. Ablenkung kann mit Hilfe dieses Modells beschrieben werden und ist demnach ein Binden von Ressourcen. Diese Bindung von Ressourcen kann nicht direkt sondern nur unmittelbar an der menschlichen Handlung oder mittelbar am Arbeitsergebnis gemessen werden.

Die Fragestellung, wie Ablenkung gemessen werden kann, ist damit beantwortet. Somit bleibt nur noch das Problem übrig, wie eine tertiäre Aufgabe hinsichtlich seiner Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu analysieren ist. Dafür sind die drei Gestaltungsmaximen der Systemergonomie prädestiniert und werden im Anschluss veranschaulicht.

### **2.3 Systemergonomische Gestaltungsmaximen**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den systemergonomischen Gestaltungsmaximen. Im ersten Teil werden diese ausführlich erklärt. Der zweite Teil liefert eine Beschreibung, wie die systemergonomischen Gestaltungsmaximen für einen ergonomischen Soll-/Ist-Vergleich einer Systemauslegung verwendet werden können.

Es liegt im Bestreben der Ergonomie, die Arbeit und Arbeitsumgebung an die Eigenschaften des Menschen anzupassen. Grundlage für die Anpassung ist die rationale Betrachtung des Menschen im Wechselspiel mit seiner Arbeit. Für die Betrachtung bieten sich die zwei Methoden *Belastungs-Beanspruchungs-Analyse* und *systemergonomische Analyse* an. Bei der Belastungs-Beanspruchungs-Analyse wird versucht, die Belastung, die aus der Arbeit selbst und der Arbeitsumgebung



resultiert, möglichst messtechnisch zu erfassen und daraus die zu erwartende menschliche Beanspruchung zu erschließen (Bubb und Schmidtke, 1993). Diese Vorgehensweise stößt allerdings bei informatorischer Arbeit an ihre Grenzen, weil die Arbeitsschwere bei mentaler Belastung messtechnisch nicht zu erfassen ist. In diesem Fall kommt die systemergonomische Analyse zum Zug, bei der die Informationswandlung durch das System betrachtet wird. Dabei kann die Mensch-Maschine-Schnittstelle mit Hilfe von drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen untersucht werden, die nachfolgend ausführlich dargestellt sind.

Nach Bubb (1993) können die drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen als Fragen formuliert werden:

- **Funktion:** „Was will der Operateur bezwecken und inwieweit kommt ihm das technische Arbeitsmittel dabei entgegen?“
- **Rückmeldung:** „Kann der Operateur erkennen, ob er etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er hatte?“
- **Kompatibilität:** „Wie groß ist der Umcodieraufwand zwischen verschiedenen technischen Informationskanälen?“

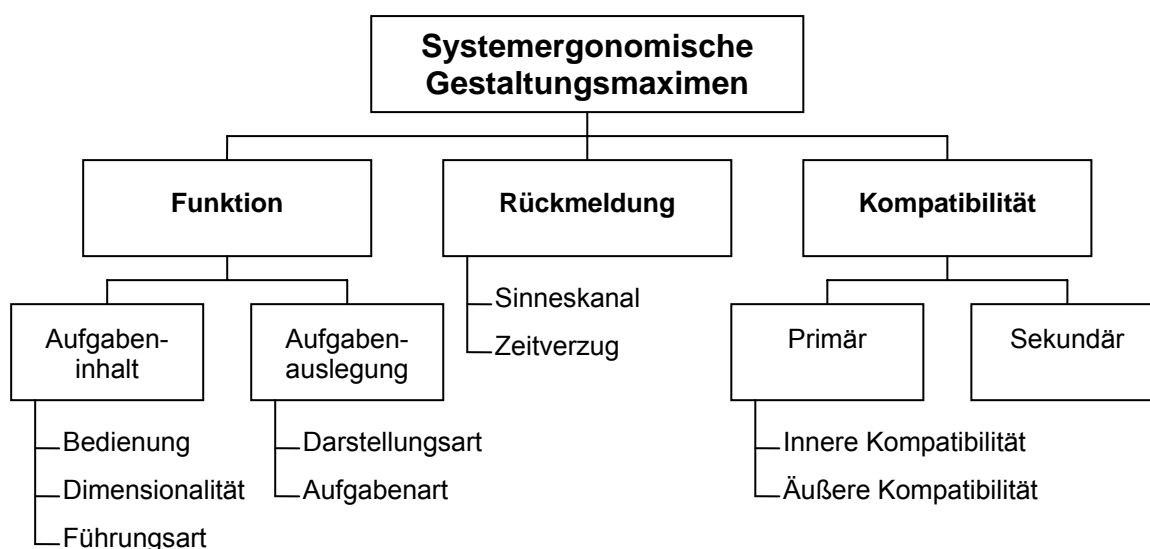


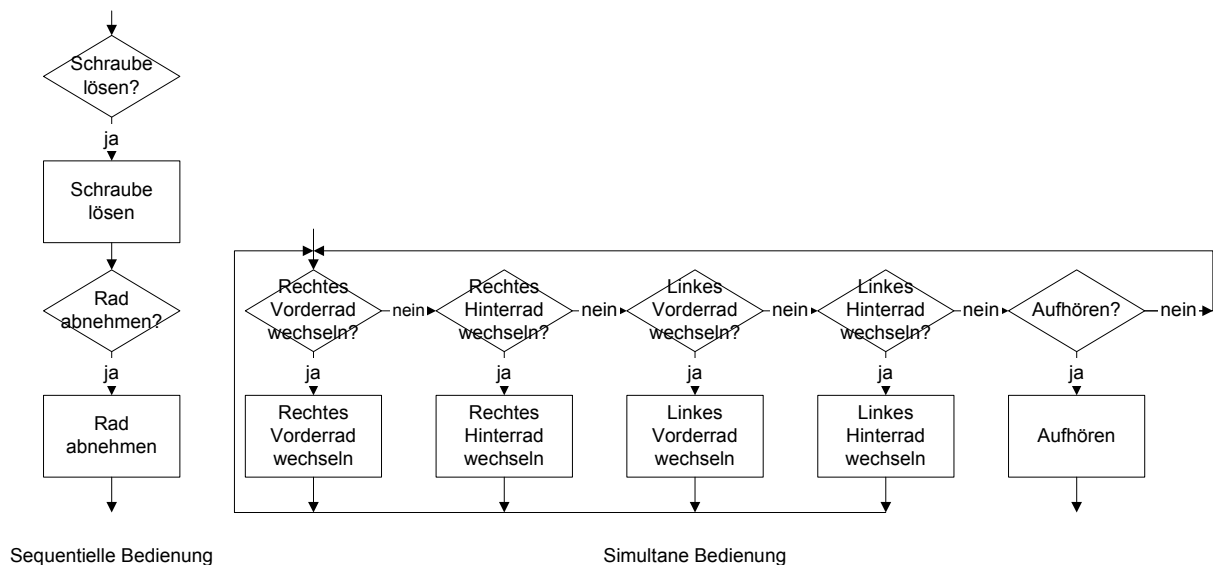
Abbildung 2-3: Übersicht über die systemergonomischen Gestaltungsmaximen Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität

Abbildung 2-3 gibt eine Übersicht wie die systemergonomischen Gestaltungsmaximen Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität weiter untergliedert sind. Demnach kann die Funktion in den eigentlichen Aufgabeninhalt und die Aufgabenauslegung zerlegt werden. Wie die beiden Bezeichnungen schon implizieren, ergibt sich der Inhalt aus der der Aufgabe zugrunde liegenden Logik, während die Aufgabenauslegung durch den Systementwickler vorgenommen wird.

Der Aufgabeninhalt besteht aus Bedienung, Dimensionalität und Führungsart. Mit der Bedienung wird die sachlich notwendige zeitliche Ordnung beschrieben. Unterschieden wird eine sequentielle oder simultane Bedienung. Ist die Reihenfolge der notwendigen Arbeitsschritte zeitlich vorgegeben, spricht man von einer

sequentiellen Bedienung. Gibt es dagegen keine zeitliche Reihenfolge der Arbeitsschritte, liegt ein simultaner Vorgang vor. Hierbei darf der Begriff simultan nicht missverstanden werden. Simultan bedeutet in der Systemergonomie nicht eine zeitgleiche Bedienung. Vielmehr drückt es eine gleichrangige Anordnung verschiedener Auswahlmöglichkeiten aus. Ein einfaches Beispiel soll den Zusammenhang erläutern. Es sei die Aufgabe gestellt, bei einem Fahrzeug die Sommerreifen zu montieren. Es ist offensichtlich, dass die Arbeitsschritte für den Wechsel eines einzelnen Rades in einer sequentiellen Anordnung stehen. Bevor etwa das Rad abgenommen werden kann, sind die einzelnen Schrauben zu lösen. Erst das Rad abzunehmen und dann die Schrauben zu entfernen, widerspricht jeglicher Logik. In welcher Reihenfolge die vier Räder ausgetauscht werden sollen, entzieht sich dagegen einer zeitlichen Ordnung. Weil es für das Arbeitsergebnis nicht von Bedeutung ist, ob zuerst mit dem rechten Vorder- oder linken Hinterrad begonnen wird, spricht man von einer simultanen Bedienung.

Die Beschreibung der zeitlichen Ordnung einer Aufgabe ist Basis für alle systemergonomischen Analysen. Zur besseren Beschreibung dieser Ordnung bietet sich eine graphische Darstellung basierend auf der Flussdiagrammtechnik an. Dabei kennzeichnet eine Raute eine Entscheidung, die der Mensch treffen muss. Ein Rechteck steht dagegen für eine Bedienung, die er auszuführen hat. Stehen simultane Entscheidungen an, so werden die Raute auf einer horizontalen Linie angeordnet. Eine sequentielle Bedienung ist demzufolge vertikal ausgerichtet. In Abbildung 2-4 sind die beiden Möglichkeiten exemplarisch für das Beispiel Reifen wechseln dargestellt.



**Abbildung 2-4:** Beispielhafte Darstellung einer sequentiellen und simultanen Bedienung. Bei der sequentiellen Bedienung ist die zeitliche Ordnung vorgegeben. Bei der simultanen Bedienung stehen verschiedene Auswahlmöglichkeiten zeitgleich an. Die Entscheidungsrepräsentierenden Raute sind daher auf einer horizontalen Linie angeordnet.

<p>Zwingende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Jeder Arbeitsschritt muss durchgeführt werden</li> <li>• Reihenfolge der Abarbeitung ist für das Ergebnis irrelevant</li> </ul>	
<p>Variierende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Nur ein Arbeitsschritt muss zur Aufgabenerfüllung durchgeführt werden</li> <li>• Jeder Arbeitsschritt führt zum Ziel</li> </ul>	
<p>Divergierende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Nicht jeder Arbeitsschritt muss durchgeführt werden</li> <li>• Die einzelnen Arbeitsschritte führen zu unterschiedlichen Ergebnissen</li> </ul>	

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der drei Unterarten der simultanen Bedienung. Je nach vorherrschenden simultanen Auswahlmöglichkeiten stellt sich diese unterschiedlich dar.

Eine simultane Bedienung bedingt sich in der nicht zeitlich geordneten Anordnung von Arbeitsschritten. Sobald sich der Anwender mehreren Auswahlmöglichkeiten ausgesetzt sieht, wird von ihm eine simultane Bedienung abverlangt. Dabei können ausgehend von diesen Entscheidungsmöglichkeiten drei verschiedene Typen unterteilt werden. Demnach gibt es simultane Bedienung *zwingender*, *variierender* und *divergierender* Art. Bei der zwingenden Art stehen mehrere Arbeitsschritte zeitgleich zur Entscheidung an. Jeder muss zur Erfüllung der Aufgabe durchgeführt werden. Auf Grund der simultanen Bedienung ist eine Abarbeitung in einer bestimmten Reihenfolge nicht notwendig. Ein typisches Muster für eine simultane Bedienung zwingender Art ist das komplette Ausfüllen eines Personalbogens. Die Aufgabe besteht zwar darin, alle Daten anzugeben. Ob jedoch zuerst der Vor- oder Nachname in den Bogen eingetragen wird, ist für das Ergebnis irrelevant. Auch bei der variierenden Art stehen unterschiedliche Arbeitsschritte gleichzeitig zur Entscheidung an. Jedoch müssen nicht alle bearbeitet werden, weil jeder mögliche Schritt zum Ziel führt. Zur Erfüllung der Aufgabe reicht es, nur einen Arbeitsschritt auszuführen. Ein sehr bildhaftes Beispiel ist die Vorstellung, im Winter auf einem Gipfel zu stehen. Möchte man zu einer bestimmten Talstation mit den Ski abfahren, kann man zwischen unterschiedlich schweren Pisten wählen, die alle zum gleichen Ziel führen. Hätte man zwar am Gipfel verschiedene Abfahrten zur Auswahl, die

jedoch bei unterschiedlichen Talstationen enden, wäre man einer simultanen Bedienung divergierender Art ausgesetzt. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass ebenfalls diverse Arbeitsschritte zum selben Zeitpunkt zur Entscheidung anstehen. Auch muss nicht jede Auswahlmöglichkeit gewählt werden. Aber anders als bei der variierenden Art, führen die Arbeitsschritte zu ungleichen Ergebnissen. In Tabelle 2-1 sind die drei Typen der simultanen Bedienung mit jeweils einem schematischen Flussdiagramm zusammengefasst.

Die Dimensionalität bezieht sich beim Aufgabeninhalt auf die räumliche Ordnung der Aufgabe und stellt die Zahl der Freiheitsgrade dar, auf die der bedienende Mensch Einfluss nehmen muss. Man unterscheidet daher ein- bis sechsdimensionale Aufgaben. Das Führen eines Zuges erweist sich als eindimensional. Beim Autofahren müssen zwei Dimensionen gemeistert werden. Arbeiten am Computer präsentieren sich in der Regel als eindimensionale Aufgaben.

Mit der Führungsart wird die Aufgabe hinsichtlich ihrer örtlichen und zeitlichen Einschränkung systematisiert. Unterschieden wird zwischen statischen und dynamischen Aufgaben. Diese beziehen sich immer auf die örtliche und zeitliche Einbindung des Menschen. Ein Kunstflieger, der beispielsweise bei einer Flugschau extreme Flugmanöver fliegt, setzt sich einer dynamischen Aufgabe aus, die durch ein enges Ort-/Zeitfenster charakterisiert ist. Dagegen kann das Führen eines Verkehrsflugzeuges, das sich in Reisehöhe bei einer Atlantiküberquerung befindet, wegen des weiten Ort-/Zeitfensters als eine statische Aufgabe betrachtet werden.

Bedienung, Dimensionalität und Führungsart beschreiben den Inhalt der gestellten Aufgabe. Parallel dazu steht die Aufgabenauslegung, die sich in Darstellungsart und Aufgabenart unterteilt. Bei der Darstellungsart wird unterschieden, inwiefern die Aufgabe und das Ergebnis getrennt oder verrechnet dargestellt werden. Bleibt es dem Menschen überlassen, die Differenz zwischen Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung zu berechnen, spricht man von einer Folgeaufgabe. Wird dagegen dem Anwender vom System der entsprechende Unterschied präsentiert, handelt es sich um eine Kompensationsaufgabe. Ein einfaches Beispiel verdeutlicht die Unterschiede. Es gibt zwei verschiedene Arten von Waagen. Bei den einen wird die gewogene Masse direkt angezeigt. Die anderen liefern die Differenz zu einem vorher eingestellten Wert. Ist es Absicht, eine bestimmte Masse abzuwiegen, stellt sich die Bedienung der ersten Waagenart als Folgeaufgabe dar. Es muss eine Differenz zwischen gewünschtem und gemessenem Wert gebildet werden. Bei der zweiten Waagenart handelt es sich um eine Kompensationsaufgabe, denn der Abstand zwischen Ist und Soll wird direkt ausgegeben.

Bei der Aufgabenart wird zwischen aktiver und monitiver Aufgabe unterteilt. Dabei stellt sich die Frage, ob der Mensch aktiv in den Arbeitsprozess eingebunden ist, oder ob ihm lediglich überwachende Funktion zukommt. Eine monitive Aufgabe tritt immer bei der Bedienung eines Automaten auf. Voraussetzung ist allerdings, dass der Mensch auf den Automaten einwirken kann. Eine monitive Aufgabe ist daher eine Beobachtung eines automatischen Vorgangs, der nur bei einem Fehler vom Anwender unterbrochen wird. Der Einsatz und die Überwachung eines Autopiloten im Flugzeug ist daher eine monitive Aufgabe. Fliegt der Pilot selbständig manuell, spricht man von einer aktiven Aufgabe.

Die zweite systemergonomische Gestaltungsmaxime berücksichtigt die Rückmeldung. Es ist offensichtlich, dass bei einer Analysemethode, die sich mit dem Informationsfluss in einem Mensch-Maschine-System beschäftigt, der Rückmeldung

eine besondere Rolle zukommt. Schließlich liefert die Maschine über den Weg der Rückmeldung Information an den Menschen. Wie Abbildung 2-3 zu entnehmen ist, spielt dabei die Art und die Verzögerungszeit der Rückmeldung die entscheidende Rolle. Zuerst stellt sich die Frage, in welcher Form welche Information als Rückmeldung erfolgt. Welche und wie viele Sinneskanäle werden durch die Rückmeldung angesprochen? Die Ergonomie empfiehlt, gleichzeitig eine Rückmeldung über möglichst viele Sinneskanäle zu geben. Beim Auto bieten sich hierzu visuelle, akustische und haptische Rückmeldeformen an. Als zweites ist die Zeit, innerhalb derer die Rückmeldung erfolgt, von Bedeutung. Wie viel Zeit ist verstrichen, bis nach der Informationseingabe in die Maschine eine Rückmeldung durch das System erfolgt? Empfohlen wird eine Rückmeldung innerhalb der physiologischen Reaktionszeit des Menschen, die bei circa 100-200 Millisekunden liegt.

Unter der so genannten Kompatibilität ist die dritte Gestaltungsmaxime zusammengefasst. Die Frage nach dem Umcodieraufwand zwischen verschiedenen technischen Informationskanälen steht hier im Mittelpunkt. Das bedeutet, die Kompatibilität kennzeichnet die Sinnfälligkeit zwischen unterschiedlich codierter Information für den Menschen. Ein simples Beispiel illustriert die Problematik. Ein Drehen der Lenkstange beim Fahrrad nach rechts steuert das Fahrzeug in die gleiche Richtung und umgekehrt. Bei manchen Jahrmärkten gibt es bisweilen als Sensation Fahrräder, bei denen dies zur Belustigung der Zuschauer umgekehrt gestaltet ist. Mit Hilfe einer Übersetzung bewirkt ein Drehen der Lenkstange ein Steuern in entgegengesetzter Richtung. Die Sinnfälligkeit zwischen der Drehrichtung des Lenkers und der Reaktion des Fahrrades stimmen nicht überein. Welcher immense Umcodieraufwand vom Fahrer in so einem Fall zu leisten ist, erkennt man, wenn Ungeübte versuchen, dieses spezielle Fahrrad zu lenken. Insgesamt kann zwischen einer primären und sekundären Kompatibilität unterschieden werden. Die primäre Kompatibilität bezieht sich auf die Sinnfälligkeit zwischen Informationen bezogen auf Wirklichkeit, Anzeigen, Stellteile und innere Modelle. Diese wird daher in eine äußere und innere Kompatibilität weiter unterteilt. Die äußere Kompatibilität beschränkt sich nur auf die Sinnfälligkeit von Informationen von Wirklichkeit, Anzeige und Stellteil. Die Interpretation der Information durch den Menschen geht bei dieser Betrachtung nicht ein. Das beschriebene Fahrrad ist ein Beispiel für eine Verletzung der äußeren Kompatibilität. Stellteil und Wirklichkeit verhalten sich nicht kompatibel. Bei der inneren Kompatibilität wird dagegen die Sinnfälligkeit zwischen innerem Modell und externer Information untersucht. Inwiefern stimmt die dargebotene Information mit der inneren Vorstellung des Menschen überein? Dabei wird die innere Vorstellung durch Erfahrung, Training und Erziehung geprägt. Schließlich gibt es die sekundäre Kompatibilität. Diese bezieht sich darauf, dass sich die Bewegungsrichtung und der Drehsinn zueinander nicht im Widerspruch befinden dürfen. Dies hat etwa Auswirkungen auf die Anbringung von Beschriftungen.

Mit den drei vorgestellten Gestaltungsmaximen kann eine Aufgabe systemergonomisch analysiert werden. Diese Analyse ist Basis für einen Soll/Ist-Vergleich, der mögliche Verbesserungspotenziale in der Aufgabe aufdeckt. Die Einflussmöglichkeiten des Systemgestalters auf die einzelnen Elemente der Gestaltungsmaximen unterscheiden sich sehr stark. Der Aufgabeninhalt, der durch die Bedienung, Dimensionalität und Führungsart geprägt ist, kann vom Entwickler nicht direkt beeinflusst werden. Er muss vielmehr darauf achten, dass das verwirklichte System nicht zu sehr von den Vorgaben des Aufgabeninhalts abweicht.

Dagegen sind die restlichen Bereiche Aufgabenauslegung, Rückmeldung und Kompatibilität vom Systemdesigner festzulegen. Welche gestalterischen Vorgaben ergeben sich daraus für den Entwickler? Erstens muss die technische Abbildung des Aufgabeninhalts sehr nah an den Vorgaben angelehnt sein, die sich aus der „Logik“ der Aufgabe ergeben. Zweitens müssen sich die Aufgabenauslegung, Rückmeldung und Kompatibilität nach den bekannten ergonomischen Gesichtspunkten richten. Aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen ist es jedoch denkbar, dass nicht immer alle ergonomischen Empfehlungen berücksichtigt oder die „Logik“ der Aufgabe eindeutig wiedergegeben werden können. Mit Hilfe der angegebenen Gestaltungsmaximen kann diese geplante oder bereits realisierte technische Lösung beschrieben werden, so dass man eine Ist-Darstellung der Aufgabe erhält. Gleichzeitig ist das Bedienkonzept aus der Sicht der Aufgabe und des Anwenders ohne Rücksicht auf die vorgesehene oder bestehende Konfiguration zu analysieren. Diese so gewonnene Soll-Darstellung lässt sich mit der Ist-Darstellung vergleichen und damit mögliche Verbesserungspotenziale detektieren.

Zusammenfassend gilt, dass mit Hilfe der drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen ein Mensch-Maschine-System, bei dem vor allem der Informationsfluss im Vordergrund steht, analysiert werden kann. Dabei werden die Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität betrachtet. Der Aufgabeninhalt, der einen Teilbereich der Funktion darstellt, wird durch die Logik der Aufgabe vorgegeben. Der Gestalter des Systems muss sich möglichst nah an dieser Vorgabe orientieren. Der zweite Teilbereich der Funktion, die so genannte Aufgabenauslegung, kann ebenso wie die Rückmeldung und die Kompatibilität vom Entwickler direkt beeinflusst werden. Eine geplante oder bereits entwickelte Systemstruktur kann in Form einer Ist-Darstellung wiedergegeben werden. Die Soll-Darstellung spiegelt dagegen das Bedienkonzept aus der Perspektive der Aufgabe wider. Bei einem Soll-/Ist-Vergleich der Darstellungen werden somit mögliche Diskrepanzen entdeckt. Werden diese klassifiziert, ist eine Vorhersage für die Bedienbarkeit des gewählten Konzeptes möglich.

Für tertiäre Aufgaben, die sich auf die Bedienung von Komfortsystemen beziehen, sollen die nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen die Vorhersage erleichtern. Diese Vorhersagen werden im nächsten Kapitel als Hypothesen formuliert.

### 3 Hypothesen

Die nachfolgenden Hypothesen sollen die Vorhersage der Ablenkungswirkung von Diskrepanzen, die sich beim systemergonomischen Soll-/Ist-Vergleich zeigen, ermöglichen. Vor der Formulierung dieser Hypothesen, die später mit Hilfe der Realversuche untersucht werden, ist es notwendig zu bestimmen, welche Teilaspekte der systemergonomischen Gestaltungsmaximen in Betracht zu ziehen sind und welche im Rahmen der geplanten Versuchsfahrten näher untersucht werden können. Nach Vorstellung dieser grundsätzlichen Überlegungen, werden die Hypothesen aufgelistet. Eine kurze Zusammenfassung rundet das Kapitel ab.

Betrachtet man die einzelnen Teilbereiche der systemergonomischen Gestaltungsmaximen genauer, erkennt man, dass diese hinsichtlich der Betätigung von tertiären Aufgaben unterschiedlich stark ins Gewicht fallen. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, sich auf einige Bereiche dieser Maxime zu konzentrieren, um das Ausmaß der Versuchsreihe nicht übermäßig zu strapazieren. Die Aspekte Dimensionalität, Darstellungsart und Kompatibilität werden daher nicht näher betrachtet. Auch wird ein Teilkomplex der Rückmeldung ausgeklammert. Die Dimensionalität entfällt, weil alle tertiären Aufgaben im Fahrzeug eindimensional sind. Die Darstellungsart unterscheidet zwischen Folge- und Kompensationsaufgaben. Tertiäre Aufgaben werden jedoch immer als Folgeaufgaben dargestellt. Eine Auslegung als Kompensationsaufgabe verlangt vom System, die Differenz zwischen Aufgabenziel und Aufgabenergebnis anzuzeigen. Im konkreten Fall stellt sich die Frage, wie das System das Ziel bzw. den Soll-Wert technisch ermitteln soll. Falls dieser Wert bestimmt werden kann, erscheint es zudem unschlüssig, weshalb in dieser Situation nicht ein Automat den Ist-Wert einer tertiären Aufgabe selbständig auf den Soll-Wert regelt. Die Kompatibilität beschäftigt sich vorrangig mit der Sinnfälligkeit zwischen Informationen bezogen auf Wirklichkeit, Anzeigen, Stellteile und innere Modelle. Für die Versuche sind nur ein Stellteil sowie ein Display vorgesehen. Außerdem sollen die Versuchspersonen nicht zusätzlich durch eine falsche Kompatibilität verwirrt werden, weshalb sich die denkbaren Variationsbreiten bei der Versuchsgestaltung hinsichtlich der Kompatibilität sehr stark reduzieren. Daher wird aus diesem Grunde die Kompatibilität nicht berücksichtigt. Für detaillierte Angaben zur Kompatibilität wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (z.B. Spanner, 1993). Die Rückmeldung geht auf die verwendeten Sinneskanäle und die verstrichene Zeit ein. Betrachtet man die gleichzeitige Rückmeldung über mehrere Sinneskanäle genauer, wird deutlich, dass bezüglich dieser Größe die Ablenkungswirkung von sehr unterschiedlichen Parametern abhängt. Offensichtlich wird diese beeinflusst von der Art der Darstellung (Farbkodierung, Sprache usw.), der Komplexität (Umfang einer Textmeldung), dem Grad der Rückmeldung (Informationsgehalt) oder der Kombination unterschiedlicher Sinneskanäle. Versuche, die diese Parameter berücksichtigen, würden eine Vielzahl an Versuchsaufgaben und Versuchspersonen bedingen und den realisierbaren Rahmen sprengen. Damit beschränken sich die Hypothesen hinsichtlich der systemergonomischen Gestaltungsmaximen auf die Bedienung, Führungsart, Aufgabenart und Verzögerungszeit bei der Rückmeldung. Diese sollen mit Hilfe von objektiven Messdaten validiert werden.

Neben diesen „objektiven“ Hypothesen können auch „subjektive“ Annahmen aufgestellt werden. Bei einer Betrachtung des Mensch-Maschine-Systems erscheint

es nämlich ebenfalls sinnvoll, die subjektive Beurteilung durch den Menschen bzw. Fahrer zu beachten. Die in diesem Zusammenhang aufgestellten zwei Hypothesen versuchen die Einschätzungen der Versuchspersonen zu den unterschiedlichen Systemausprägungen in Beziehung zu bringen. Die insgesamt zehn Hypothesen sind nachfolgend formuliert und bei Bedarf näher erläutert.

### **Bedienung**

Bei der Bedienung wird die Aufgabe hinsichtlich der zeitlichen Ordnung betrachtet. Unterschieden wird zwischen einer sequentiellen und simultanen Bedienung.

**Bed\_1:** Eine Aufgabe, deren Bedienung vom systemergonomischen Soll abweicht, lenkt mehr ab, als eine Aufgabe, welche mit dem Soll übereinstimmt.

**Bed\_2:** Ausnahme: Eine simultane Aufgabe mit mehr als  $7 \pm 2$  simultan zur Entscheidung anstehenden Auswahlmöglichkeiten lenkt weniger ab, wenn diese sequentiell dargestellt wird.

**Bed\_3:** Je stärker die Bedienung einer Aufgabe vom systemergonomischen Soll abweicht, desto ablenkender ist diese.

Zum Verständnis der Hypothese Bed\_2 ist anzumerken, dass auf Grund der Einschränkungen durch das Kurzzeitgedächtnis  $7 \pm 2$  Einheiten oder chunks die maximale Einheit darstellen, die vom Menschen fehlerfrei verarbeitet werden können (Bubb 1993b, Miller 1956). Dabei steht diese Begrenzung im Einklang mit dem Modell der Ressourcen Allokation, wonach der zur Verfügung stehende Ressourcenpool limitiert ist.

### **Führungsart**

Abhängig davon, welche örtliche und zeitliche Einschränkung bei der Aufgabe besteht, spricht man von einer statischen oder dynamischen Führungsart.

**Führ\_1:** Eine dynamische, tertiäre Aufgabe lenkt den Fahrer mehr ab als eine statische Aufgabe.

**Führ\_2:** Je dynamischer die Aufgabe, desto ablenkender ist diese.

### **Aufgabenart**

Die Aufgabenart untersucht die Einbindung des Menschen in den Arbeitsprozess. Eine aktive oder monitive Rolle ist möglich. Die dreidimensionale Matrix in Abbildung 3-1 zeigt, welche Einflussgrößen bei der Betrachtung einer monitiven Aufgabe hinsichtlich der Ablenkung in Erwägung zu ziehen sind. Demnach sind drei Größen von Bedeutung, die auf den Achsen aufgetragen sind und als Fragen formuliert werden können:

**Wie leicht ist der Automat zu starten?** Sind im Vergleich zur aktiven Aufgabe erst komplexe Startbedienungen notwendig, kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Automat weniger ablenkend ist.

**Wie zuverlässig ist der Automat?** Besteht eine große Wahrscheinlichkeit, dass ein Fehler auftritt oder hat ein Fehler schwerwiegende Konsequenzen, so muss der Anwender dem Automat eine größere Aufmerksamkeit schenken. Bei einer tertiären Aufgabe sind jedoch keine folgenschweren Fehler zu erwarten, so dass lediglich die allgemeine technische Zuverlässigkeit die Ablenkungswirkung des automatischen Systems beeinflusst.



**Wie leicht kann man einen Fehler beheben?** Diese Frage steht analog zur Frage nach der Startbarkeit. Wenn eine Fehlerkorrektur komplexe Bedienschritte verlangt, ist eine größere Ablenkung zu erwarten.

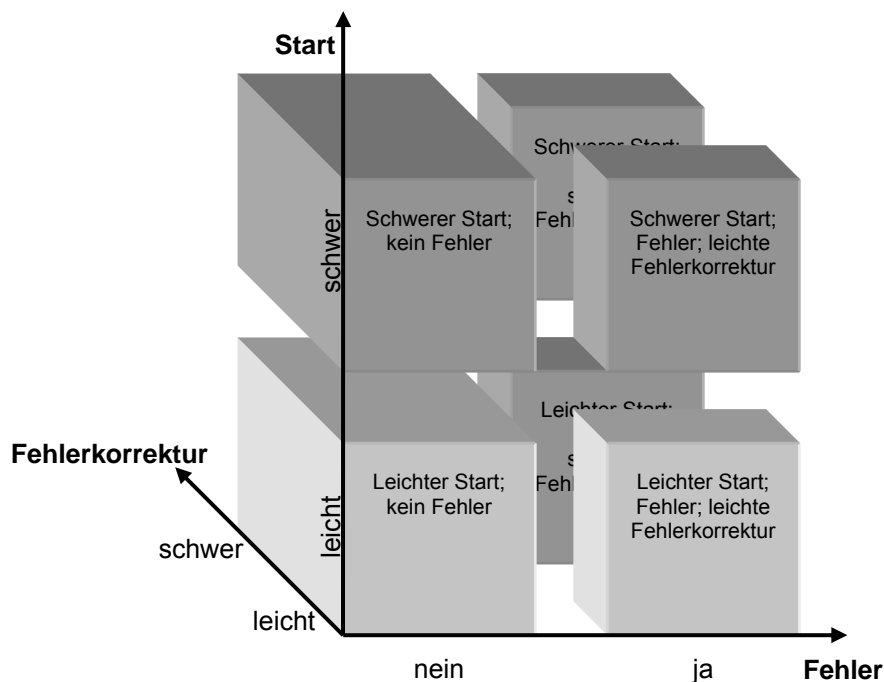


Abbildung 3-1: Dreidimensionale Matrix zur Darstellung der Einflussgrößen auf die Ablenkung von monitiven Aufgaben. Tritt kein Fehler auf, kann die Aufgabenstellung anhand der Fehlerkorrektur nicht unterschieden werden.

Die Zustände der einzelnen Größen sind in Abbildung 3-1 zur besseren Verdeutlichung diskret eingezeichnet. In Wirklichkeit ist der Übergang von einem leichten zu einem schweren Start selbstverständlich fließend. Gleiches gilt für die übrigen Einflussgrößen. Bei einer dreidimensionalen Matrix sind theoretisch acht Extremzustände denkbar. In der Abbildung 3-1 sind dagegen nur sechs Extremas eingezeichnet, weil anhand der Fehlerkorrigierbarkeit nicht unterschieden werden kann, wenn insgesamt keine Fehler im System auftreten.

Betrachtet man die drei Einflussgrößen genauer, ist zu erwarten, dass bei einer schweren Bedienung des Automaten die monitive Aufgabe ablenkender ist als die Aktive. Daher sind diese Bereiche in der Abbildung 3-1 dunkelgrau markiert. Die hellgrauen, leicht zu bedienenden Felder lassen indessen einen Vorteil der monitiven Aufgabe gegenüber der aktiven Variante vermuten. Diese Überlegungen zur Ablenkungswirkung bezüglich der Aufgabenart lassen sich in einer Hypothese zusammenfassen:

**Auf\_1:** Eine monitive und tertiäre Aufgabe im Auto ist weniger ablenkend als eine aktive Aufgabe unter den beiden Voraussetzungen, dass entweder *der Automat leicht zu starten ist und kein Fehler auftritt* oder *der Automat leicht zu starten und ein vorkommender Fehler einfach zu korrigieren ist*.

## Rückmeldung

Bei der Rückmeldung wird die Frage beantwortet, ob der Anwender erkennen kann, inwiefern sein Handeln etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er damit hatte. Die formulierten Hypothesen richten sich nur auf die Auswirkungen einer verzögerten Rückmeldung.

**Rück\_1:** Eine verzögerte Rückmeldung verwirrt bzw. irritiert den Fahrer. Diese Verwirrung bzw. Irritation verursacht eine Ablenkung des Fahrers.

**Rück\_2:** Je weiter die Rückmeldung außerhalb der physiologischen Reaktionszeit liegt, desto ablenkender ist das System.

## Subjektives Empfinden des Fahrers

Die beiden „subjektiven“ Hypothesen gehen auf das persönliche Empfinden der Versuchspersonen hinsichtlich der unterschiedlichen Ausprägungen ein. Es ist zu erwarten, dass ein Fahrer eine kompliziert zu bedienende Aufgabe als schwer zu lösen erkennt und diese auch entsprechend schlecht bewertet. Gleichzeitig wird er allerdings kaum in der Lage sein, die Auswirkung dieser Schwierigkeit auf seine Aufmerksamkeit richtig einschätzen zu können. Das kann zwei Gründe haben. Entweder ist sich der Fahrer nicht bewusst, wie stark er abgelenkt wird, weil er im Extremfall seine vollständige Aufmerksamkeit auf die schwere Aufgabe richtet und so sein Handeln nicht reflektieren kann, oder der Fahrer kann aus Eitelkeit sein schlechtes Fahrverhalten nicht eingestehen. Es lassen sich daher folgende zwei Annahmen aufstellen:

**Sub\_1:** Eine von der Vorgabe der systemergonomischen Gestaltungsmaximen abweichende, schwere Aufgabe wird vom Fahrer auch subjektiv als schwer empfunden.

**Sub\_2:** Der Fahrer ist sich der Ablenkungswirkung einer schweren Aufgabe nicht bewusst.

Im Ganzen können zehn Hypothesen für die Bereiche Bedienung, Führungsart, Aufgabenart, Verzögerungszeit bei der Rückmeldung und subjektives Empfinden formuliert werden. Für die Sektoren der systemergonomischen Gestaltungsmaximen Dimensionalität, Darstellung, Kompatibilität und Rückmeldungskanäle werden keine Hypothesen aufgestellt. Sie sind zum einen bei der Bedienung von tertiären Aufgaben nur von geringer Bedeutung. Zum anderen muss man sich im Rahmen der Versuchsreihe auf einen Teilbereich konzentrieren, um den Umfang der Realversuche zu beschränken. Für die Bestätigung der verfassten Hypothesen sind spezielle Versuchsaufgaben erforderlich, die mögliche Abweichungen von den systemergonomischen Gestaltungsmaximen implizieren. Das nächste Kapitel stellt diese Versuchsaufgaben vor.

## 4 Versuchsaufgaben

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die ausführliche Erläuterung der insgesamt neun Versuchsaufgaben, die in 36 Ausprägungen auftreten und mit denen die eingangs vorgestellten Hypothesen untersucht werden. Dafür werden zuvor kurz die Anforderungen an die Versuchsaufgaben vorgestellt. Dem schließt sich ein Abschnitt zur Integration der Aufgaben in eine große Menüstruktur an. Die Beschreibung der Versuchsaufgaben für die Bedienung, Führungsart, Aufgabenart und Rückmeldung bilden den Abschluss.

### 4.1 Anforderungen an die Versuchsaufgaben

Insgesamt sind an die Versuchsaufgaben acht Forderungen zu stellen. Ziel ist es, mit Hilfe der Aufgaben die zehn aufgelisteten Hypothesen zu überprüfen. Deshalb müssen erstens die Versuchsaufgaben klar auf die entsprechenden Annahmen ausgelegt sein. Um Unterschiede erkennen zu können, müssen zweitens immer mindestens eine gute und eine schlechte systemergonomische Lösung zum Vergleich anstehen. Das hat zur Folge, dass für eine Fragestellung immer eine Aufgabe mit mindestens zwei Aufgabenvarianten zu generieren ist. Diese Varianten müssen ohne Einschränkungen miteinander vergleichbar sein. Drittens sollen die Aufgaben und die damit verbundene Bedienung an bestehenden Konzepten unterschiedlicher Automobilhersteller angelehnt sein. Extreme Fantasielösungen sind den Versuchspersonen nicht vorzusetzen. Viertens müssen die Probanden die an sie gestellten Aufgaben als realitätsnah empfinden. Dafür reicht allerdings als fünfte Forderung eine Simulation der Bedienung aus. Hinter den einzelnen Befehlen muss daher keine reale Funktion stecken. Beispielsweise wird bei der Einstellung des Innenraumklimas eine tatsächliche Änderung der Temperatur nicht verlangt. Sechstens werden die gestellten Aufgaben in einer in sich schlüssigen Menüstruktur gekapselt, die aus einzelnen Menüebenen besteht. Maximal können dem Fahrer während der Versuchsfahrten zwei aufeinander folgende Menüstrukturen präsentiert werden. Mehr würde sonst den Anwender zu sehr verwirren und die Fahrten unnötig in die Länge ziehen. Für die Bedienung dieser Strukturen steht siebtens ein Dreh-Drücksteller und für die Anzeige ein sieben Zoll TFT-Display zur Verfügung. Die achte und letzte Anforderung verlangt, sich bei der Planung von Bedienaktionen im Wesentlichen nur auf Drehen und Drücken zu konzentrieren. Auf eine Schiebefunktion des Dreh-Drückstellers in verschiedene Richtungen, wie sie beispielsweise im BMW i-Drive E60 und E65 integriert ist, soll weitgehend verzichtet werden, um eine unnötige Verwirrung des Anwenders zu vermeiden.

### 4.2 Integration der Versuchsaufgaben

Wie gefordert, werden die Versuchsaufgaben in einer Simulation integriert, die bestehende Bedienkonzepte so realistisch wie möglich nachbildet. Für die generelle Gestaltung dieser Nachbildung sind drei Schwierigkeiten zu lösen. Erstens muss dafür gesorgt werden, dass die Aufgaben in einer sinnvollen Menüstruktur eingefügt sind. Zweitens ist die Frage nach der Navigation innerhalb der Simulation zu beantworten. Drittens ist zu klären, wie Bereiche der Simulation zu gestalten sind, die im Normalfall vom Anwender nicht erreicht werden.

Insgesamt werden den Versuchspersonen 36 Einzelaufgaben gestellt, um alle im anschließenden Unterkapitel beschriebenen Varianten untersuchen zu können. Damit diese Aufgaben wie gefordert möglichst realitätsnah simuliert werden, sind diese in zwei Menüstrukturen implementiert. Wie später noch dargelegt wird, verlangt zum Beispiel eine Aufgabe, in einem Navigationssystem ein Fahrziel einzugeben. Dafür sind eine gute und eine schlechte Variante vorgesehen. Würde man sich auf nur eine Menüstruktur festlegen, wäre es den Versuchspersonen nicht sinnvoll zu vermitteln, weshalb in einem System zwei unterschiedliche Navigationsalternativen realisiert sind, die im Grunde den gleichen Zweck erfüllen. Daher simuliert eine Menüstruktur ein komplettes, eigenständiges System.



*Abbildung 4-1: Beispiel für die graphische Gestaltung einer Menüebene. In der Mitte symbolisiert ein Kreis den Dreh-Drücksteller. Der angewählte Menüpunkt ist hervorgehoben. Aus jeder Ebene kann über das „zurück“-Feld die nächsthöhere Ebene erreicht werden.*

Eine Menüstruktur besteht generell aus mehreren Menüebenen. Jede Menüebene verfügt über Menüpunkte, die es erlauben, zum einen innerhalb der Menüstruktur zu navigieren und zum anderen eine bestimmte Funktion auszuführen. Die graphische Gestaltung einer Menüebene ist in der Regel immer gleich (vgl. Abbildung 4-1). Ein Kreis in der Mitte mit einem kleinen Strich symbolisiert den Dreh-Drücksteller. Die Menüpunkte sind um diesen Kreis angeordnet. Zeigt die Markierung auf einen dieser Punkte, wird jener graphisch hervorgehoben. Wenn der Anwender bemerkt, dass er sich in eine falsche Menüebene navigiert hat, muss es ihm möglich sein, seinen Fehler zu korrigieren. Dafür stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Mit einer Ausnahme besitzt jede Menüebene einen Menüpunkt „zurück“, der immer unten rechts zu finden ist. Wird dieser gewählt, erreicht man die nächsthöhere Ebene. Alternativ dazu existiert eine zum Dreh-Drücksteller separate Taste, die bei Betätigung auf die oberste Menüebene und somit zum Ausgangspunkt der Struktur zurückführt.

Um den Entwicklungsaufwand für die Simulation nicht unnötig in die Höhe zu treiben, können nicht alle Menüpfade belegt sein. Bereiche, die zwar für die realistische Simulation angedeutet werden müssen aber von der Versuchsperson nicht zu wählen sind, werden mit der Meldung „Funktion nicht belegt“ gesperrt. Eine Verfälschung der Versuchsergebnisse, weil die Versuchsperson sich dadurch nicht in den „Untiefen“ der Menüstruktur verirren kann oder sogar vom System geleitet wird, ist nicht zu befürchten. Zum einen wird eine falsche Auswahl eines Menüpunktes nicht verhindert. Zum anderen gibt die angezeigte Nachricht dem Anwender nur an, dass er sich auf einem falschen Weg befindet. Gleiches passiert in der Wirklichkeit auch, da in der Regel der Anwender eines realen Systems beim Erscheinen einer falschen Menüebene seinen Irrtum auch sofort bemerkt. Außerdem reicht es für die Untersuchung zu wissen, ob der Benutzer an einer bestimmten Menüebene einen

falschen Weg einschlägt. Wohin ihn dieser Weg letztendlich bringen könnte ist dabei nicht von Bedeutung.

Nach Erläuterung der Integration der Versuchsaufgaben in das Gesamtsystem folgt nun die detaillierte Aufgabenbeschreibung.

### **4.3 Aufgabenbeschreibung**

Im Folgenden werden die neun Versuchsaufgaben für die Bedienung, Führungsart, Aufgabenart und Rückmeldung vorgestellt. Während für die Bedienung sechs Einzelaufgaben vorgesehen sind, beschränken sich die anderen Bereiche jeweils auf eine einzelne Aufgabe. Jede Aufgabenbeschreibung erklärt das entsprechende zugrunde liegende Untersuchungsziel, die Formulierung der Aufgabenstellung und den genauen Aufbau der Aufgabe. Bei Bedarf unterstützen Flussdiagramme und graphische Abbildungen die Erläuterungen.

#### **4.3.1 Bedienung**

Bei der Analyse einer Aufgabe hinsichtlich der Bedienung wird die zeitliche Ordnung untersucht. Man unterscheidet zwischen einer simultanen und sequentiellen Bedienung. Vor der Beschreibung der sechs Versuchsaufgaben zur Überprüfung der aufgestellten drei Bedienungshypothesen, werden kurz die möglichen Abweichungen von einem systemergonomischen Soll hinsichtlich der Bedienung aufgelistet. Diese Aufreihung bildet die Grundlage für die Planung und Entwicklung der Bedienungsaufgaben. Eine kurze abschließende Betrachtung dieser rundet den Abschnitt ab.

##### **4.3.1.1 Mögliche Abweichungen**

Die aufgestellten Hypothesen Bed\_1 und Bed\_3 stellen einen Zusammenhang zwischen Ablenkung des Fahrers und der Abweichung des Systems vom systemergonomischen Soll her. Dies resultiert in der grundsätzlichen Frage welche Systemabwandlungen bei der Bedienung möglich sind. Vier Abweichungen sind theoretisch ersichtlich. Zuerst kann eine eigentlich simultane Aufgabe sequentiell angeordnet werden. Zweitens ist der umgekehrte Fall, die simultane Darstellung einer sequentiellen Arbeitsfolge, denkbar. Drittens können mehr sequentielle Schritte als prinzipiell notwendig aufgereiht werden. Bei der vierten vorstellbaren Abweichung wird die Aufgabe komplexer, weil mehr simultane Auswahlmöglichkeiten als benötigt auftreten.

Basierend auf der Liste mit den möglichen Abweichungen und den aufgestellten Hypothesen zur Bedienung werden insgesamt sechs Aufgabentypen generiert, die in Tabelle 4-1 zusammengestellt sind. Für die Abweichung, bei der eine sequentielle Aufgabe simultan dargestellt wird, existiert kein eigener Aufgabentyp. Diese ist in der Aufgabe „SMS beantworten“ integriert, die wie „Navigationsziel eingeben“ verschiedene Abweichungen in sich vereint. Es gibt zwei Typen von „Temperatur verstellen“. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, wird beim ersten Typ die Anzahl der simultanen Auswahlmöglichkeiten variiert und beim zweiten Typ die Hypothese Bed\_2 gezielt untersucht. Beide Fälle sind unter einer ähnlichen Aufgabenstellung zusammengefasst, bei der die Versuchsperson die Temperatur unterschiedlicher Fahrzeugbereiche regulieren muss. Durch diese Zusammenlegung kann der Umfang der Versuchsaufgaben und damit der Versuchsfahrt etwas reduziert werden. Eine

detaillierte Erklärung der sechs Aufgabentypen findet sich in den nachstehenden Unterpunkten. Zusätzlich ist aus der Tabelle 4-1 ersichtlich, welche Bedienungshypothesen mit welcher Aufgabe überprüft werden können. Bed\_1 kann außer im genannten Spezialfall mit allen Aufgaben untersucht werden. Für Bed\_2 existiert ein eigener Aufgabentyp und Bed\_3 setzt mehr als zwei Aufgabenvarianten voraus.

Versuchsaufgaben	Abweichung vom systemergonomischen Soll	Passende Hypothesen
Information aus dem Bordcomputer lesen	Sequentielle Darstellung einer simultanen Aufgabe	Bed_1 Bed_3
Bass/Höhen verstellen im Radio	Mehr sequentielle Schritte als notwendig	Bed_1 Bed_3
Temperatur verstellen (Typ1)	Mehr simultane Auswahlmöglichkeiten machen die Aufgabe komplexer	Bed_1 Bed_3
Temperatur verstellen (Typ2)	Eine sequentielle Darstellung einer simultanen Aufgabe ist besser, wenn mehr als $7\pm 2$ simultane Optionen zur Disposition stehen	Bed_2
SMS beantworten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simultane Darstellung einer sequentiellen Aufgabe</li> <li>• Mehr sequentielle Schritte als notwendig</li> </ul>	Bed_1
Navigationsziel eingeben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequentielle Darstellung einer simultanen Aufgabe</li> <li>• Mehr sequentielle Schritte als notwendig</li> </ul>	Bed_1

*Tabelle 4-1: Überblick über die sechs Versuchsaufgabentypen zur Untersuchung der Bedienungshypothesen. Bei den Aufgaben „SMS beantworten“ und „Navigationsziel eingeben“ sind mehrere denkbare Abweichungen vom systemergonomischen Soll verbaut.*

#### 4.3.1.2 Information aus dem Bordcomputer lesen

Bei der Bordcomputeraufgabe wird der Fahrer aufgefordert, im Bordcomputer eine bestimmte Information nachzusehen. Die Soll-Analyse empfiehlt eine simultane Aufgabendarstellung, weil es keinen Grund gibt, dem Fahrer diese Information in sequentiellen Schritten anzuzeigen. Somit wird in erster Linie die Hypothese Bed\_1 untersucht, da eine simultane Aufgabe sequentiell verwirklicht ist. Aber auch Bed\_3 ist Gegenstand der gestellten Versuchsaufgabe, weil den Versuchspersonen je Bordcomputervariante drei Aufgaben gestellt werden. Diese unterscheiden sich dadurch, dass entweder die Außentemperatur, der Ölstand oder der momentane Verbrauch bestimmt werden muss. Dabei sind bei der sequentiellen Version für die Außentemperatur drei, für den Ölstand fünf und für den momentanen Verbrauch acht sequentielle Schritte notwendig. Je tiefer dabei der Fahrer in die sequentielle Struktur eintauchen muss, desto stärker weicht die Aufgabe vom systemergonomischen Soll ab.

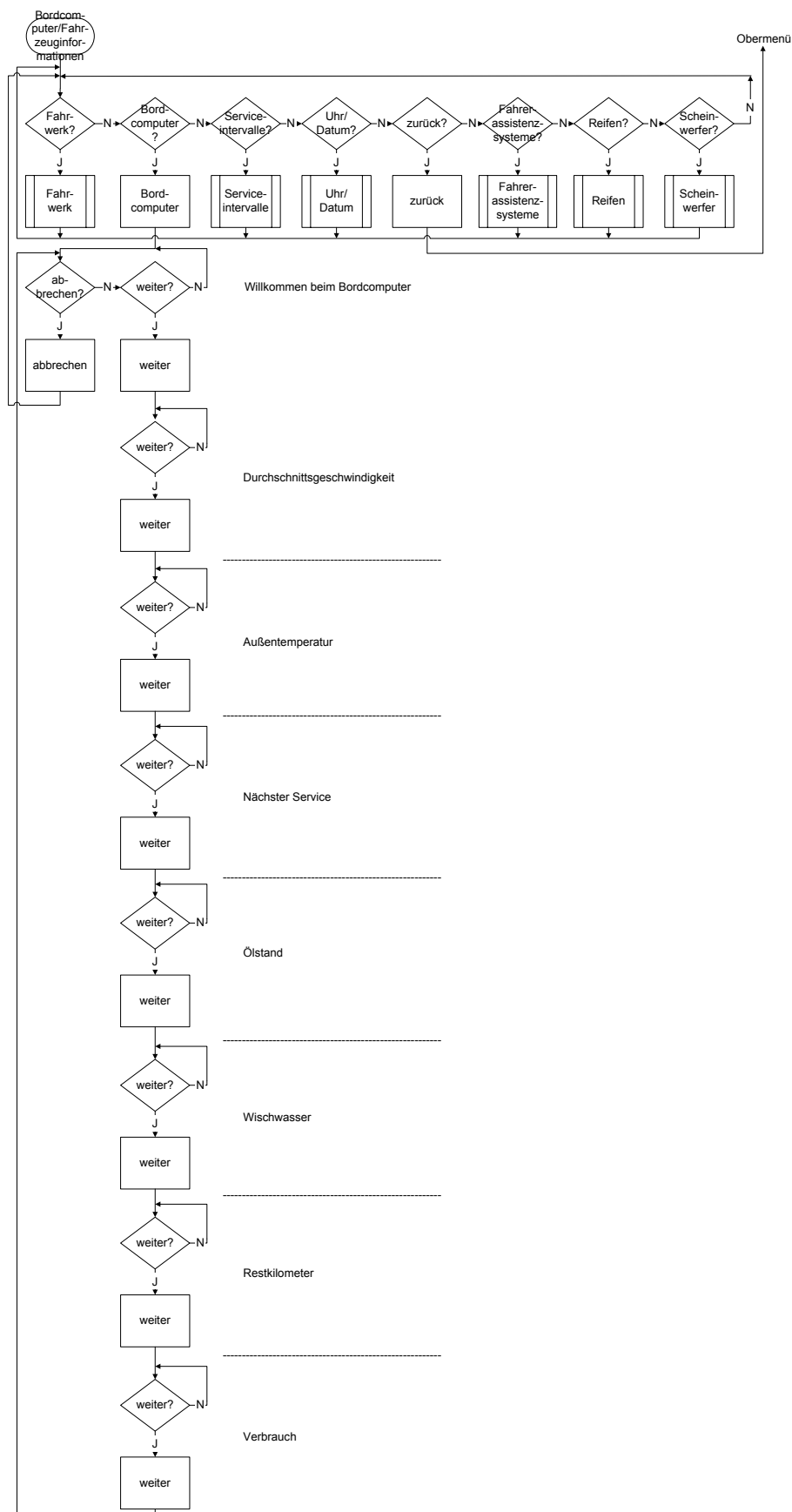


Abbildung 4-2: Flussdiagramm für den sequentiellen Bordcomputer. Die entsprechenden sequentiellen Ebenen sind durch Kommentare kenntlich gemacht.

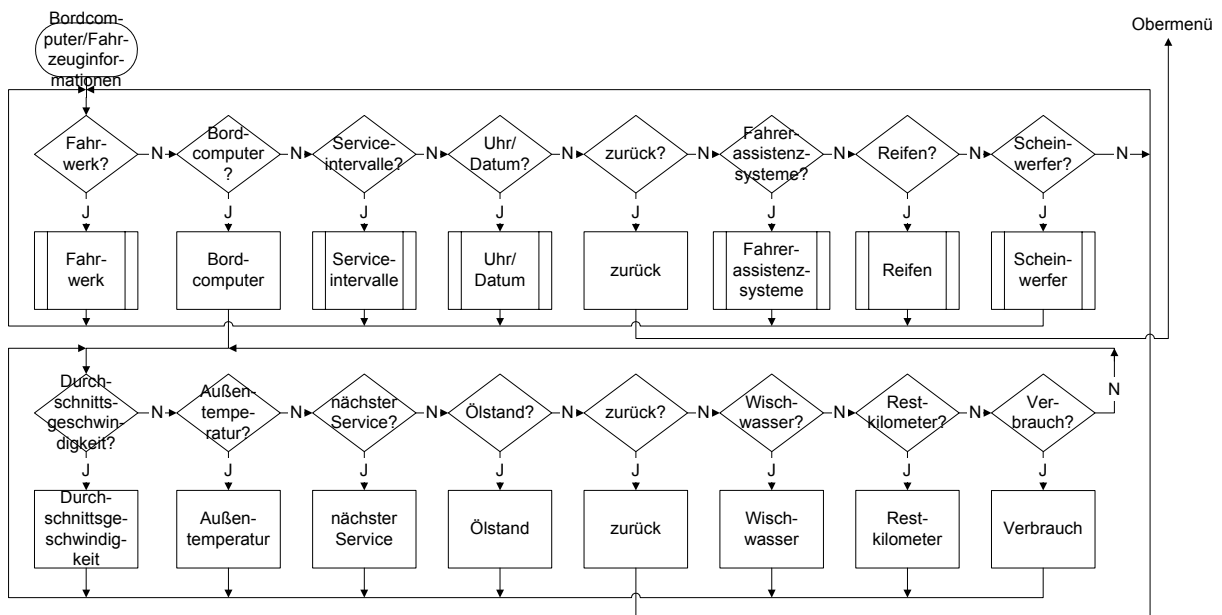


Abbildung 4-3: Flussdiagramm für den simultanen Bordcomputer

In Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3 sind die beiden Aufgabenvarianten als Flussdiagramme dargestellt. Auf einer simultanen Ebene sind die Auswahlmöglichkeiten in der gleichen Reihenfolge eingetragen, wie die Menüpunkte im Uhrzeigersinn vorkommen. Die Rechtecke mit vertikalen Doppelstrichen kennzeichnen Menüwege, die gesperrt sind. Die erste simultane Ebene ist für beide Varianten gleich. Wie die beiden Bordcomputer graphisch realisiert sind, zeigt Abbildung 4-4 exemplarisch. Aus Platzgründen wird nicht die vollständige Abfolge der beiden Aufgabenvarianten abgebildet. Es ist jedoch deutlich ersichtlich, dass beim simultanen Bordcomputer auf einer Menüoberfläche alle verfügbaren Informationen eingeblendet werden. Der entsprechende Wert wird automatisch unten angezeigt, wenn der Cursor auf den jeweilige Menüpunkt kommt. Dagegen präsentiert beim sequentiellen Bordcomputer jede Menüebene nur eine Information. Durch Auswahl des Weiter-Feldes erreicht man die folgende Ebene. Ein direkter Schritt zurück ist bei dieser speziellen Menüebene nicht möglich.

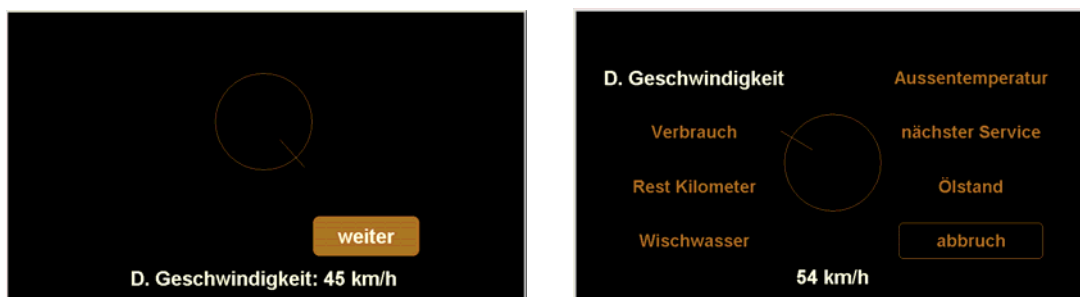


Abbildung 4-4: Beispiele für die graphische Darstellung des sequentiellen (links) und simultanen (rechts) Bordcomputers

Insgesamt muss die Versuchsperson sechs Aufgaben zum Bordcomputer bearbeiten. Davon haben drei Aufgaben einen simultanen und die anderen drei einen sequentiellen Charakter. Jedes Aufgabenpaar (z.B. Ölstand aus sequentiellm Bordcomputer gegen Ölstand aus simultanem Bordcomputer) passt inhaltlich zueinander. Damit ergeben sich zwei Vergleichsmöglichkeiten. Entweder werden



jeweils die Werte der simultanen und der sequentiellen Aufgaben zusammengefasst und miteinander verglichen oder man führt einen Vergleich pro Aufgabenpaar durch. Ein Zusammenfassen der Werte hat den Vorteil, dass vermieden wird, nur eine bestimmte Bordcomputerkonfiguration zu testen und die Ergebnisse dadurch zu verfälschen. Die Bordcomputerauslegung ist geprägt durch die Anzahl der notwendigen sequentiellen Schritte und der Position des Menüeintrags in der simultanen Bordcomputertermenüebene. Der paarweise Vergleich ermöglicht dagegen, diese Konfiguration abhängig von der Anzahl der sequentiellen Schritte zu untersuchen.

#### **4.3.1.3 Bass/Höhen verstellen im Radio**

Beim Bordcomputer wird eine grundsätzlich simultane Aufgabe sequentiell dargeboten. Eine weitere mögliche Abweichung vom systemergonomischen Soll ergibt sich, wenn mehr sequentielle Schritte als notwendig aufgereiht werden. Zur Simulation dieser Abwandlung und zur Untersuchung der Hypothesen Bed\_1 und Bed\_3 wird die Aufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ generiert.

Der Versuchsperson werden im Ganzen vier Aufgabenvarianten gestellt. Dabei sollen entweder die Bässe oder die Höhen auf den Wert „+3“ verstellt werden. Die Unterscheidung zwischen Bass und Höhen ist notwendig, um vier Aufgabenvarianten in zwei Menüstrukturen realitätsgetreu verbauen zu können. Inhaltlich zählen Bässe und Höhen zu den Klangeinstellungen und lassen daher bei den Versuchspersonen ein ähnliches inneres Modell erwarten, so dass die vier Varianten miteinander vergleichbar sind. Die vier Ausprägungen unterscheiden sich durch die Anzahl der sequentiellen Schritte. Um die Aufgabe zu erfüllen, müssen entweder fünf, sechs, sieben oder acht sequentielle Menüebenen durchwandert werden. Die Vermehrung der sequentiellen Bedienschritte wird durch Einfügen von Menüebenen erreicht, bei denen der Anwender „Bearbeiten“ oder „Speichern“ zusätzlich wählen muss.

#### **4.3.1.4 Temperatur verstellen (Typ1)**

Eine weitere Abweichung vom systemergonomischen Soll ist gegeben, wenn mehr simultane Auswahlmöglichkeiten als erforderlich dargestellt werden. Soll diese Differenz untersucht werden, müssen einzelne Menüebenen miteinander verglichen werden, die sich in der Anzahl der simultanen Optionen unterscheiden. Dieser Aufgabentyp zielt ebenfalls auf die Hypothesen Bed\_1 und Bed\_3 ab.

Mit der Versuchsaufgabe „Temperatur verstellen (Typ1)“ stehen insgesamt sechs Menüebenen zur Verfügung, die in vier Aufgabenvarianten verwirklicht sind. Die Versuchsperson wird jeweils aufgefordert, die Innenraumtemperatur für unterschiedliche Fahrzeugbereiche (z.B. „hinten links“) auf einen bestimmten Wert zu regeln. Für eine seriöse Vergleichbarkeit ist es erforderlich, dass sich die Menüebenen inhaltlich weitgehend decken. Daher können diese in zwei Gruppen gegliedert werden.

Die erste Gruppe erlaubt den paarweisen Vergleich von sechs und zwölf simultanen Auswahlmöglichkeiten. Während die eine Menüebene innerhalb der ergonomisch sinnvollen  $7 \pm 2$  Einheiten bleibt, überschreitet die zweite Ebene diese Grenze deutlich. In Abbildung 4-5 sind die beiden Menüebenen dargestellt, die in jeweils zwei Aufgabenvarianten vorkommen und den Eingang zur Temperaturoberfläche für den jeweiligen Fahrzeugbereich bilden. Deshalb muss die Versuchsperson je nach

Aufgabenstellung entweder „Hinten links“ oder „Hinten rechts“ auswählen. Die Messwerte für die Menüebenen können bei der Auswertung entsprechend zusammengefasst werden.

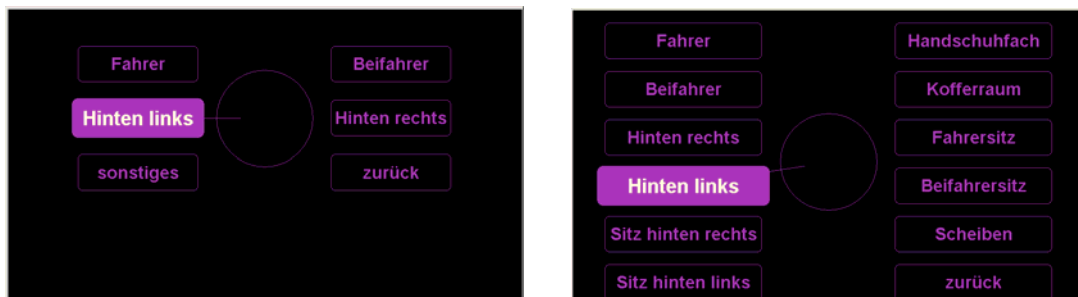


Abbildung 4-5: Menüebenen mit sechs und zwölf simultanen Auswahlmöglichkeiten. Der Anwender muss gemäß der Aufgabenstellung entweder „Hinten links“ oder „Hinten rechts“ auswählen.

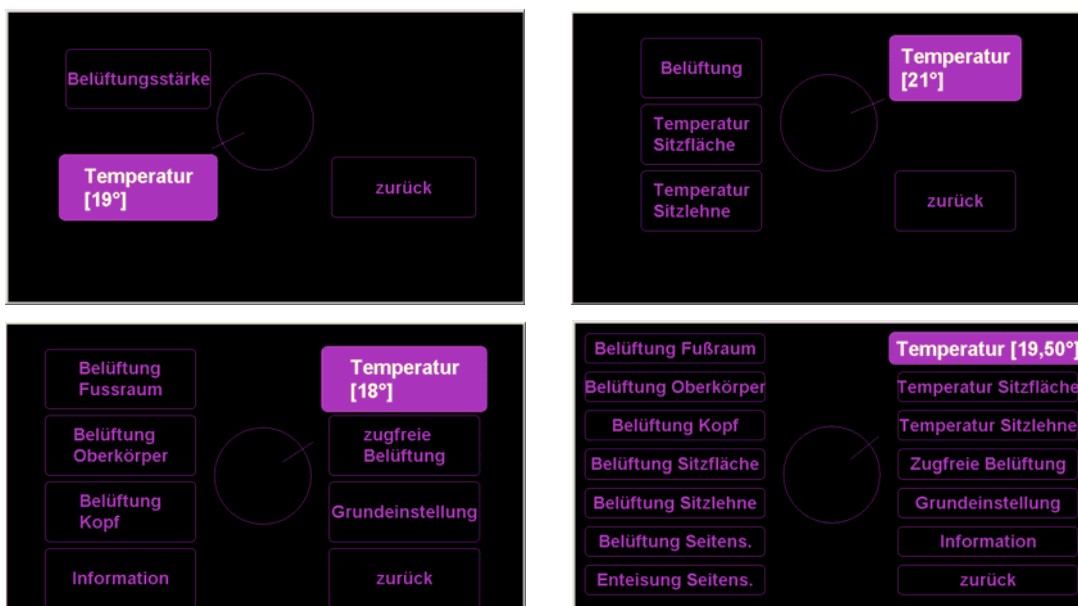


Abbildung 4-6: Menüebenen mit drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten. Die Versuchsperson muss stets das „Temperatur“-Feld auswählen.

Die zweite Gruppe von Menüebenen gestattet den Vergleich von drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten (siehe Abbildung 4-6). Diese Ebenen schließen sich den oben erwähnten Ebenen an, über die der jeweilige Fahrzeugbereich zu wählen ist. In der zweiten Gruppe muss immer die Option „Temperatur“ angeklickt werden. Die zusätzlichen Menüeinträge wie „Belüftung“, „Sitzheizung“ usw. gewährleisten die Vervielfachung der simultanen Angebote sind jedoch für den Anwender gesperrt. Nachdem die Menüebenen mit drei, fünf und acht Menüpunkten innerhalb der  $7 \pm 2$  Grenze bleiben, sind innerhalb dieser Ebenen keine deutlichen Unterschiede zu erwarten. Anders wird es sich verhalten, wenn diese jeweils mit der vierten Menüebene verglichen werden.

### 4.3.1.5 Temperatur verstellen (Typ2)

Bei der Aufgabe „Temperatur verstellen Typ1“ wird die Anzahl der Menüeinträge variiert. Dabei wird bisweilen die ergonomisch sinnvolle Grenze von  $7 \pm 2$  Einheiten überschritten. Die systemergonomische Analyse kann es allerdings mit sich bringen, dass die Logik der Aufgabe dies vom Entwickler verlangt. Gemäß der gemachten Vorüberlegungen käme in diesem Fall die Hypothese Bed\_2 zum tragen. Demnach ist es weniger ablenkend, wenn eine simultane Bedienung mit mehr als  $7 \pm 2$  Auswahlmöglichkeiten in zwei sequentielle Schritte aufgeteilt wird.

Zur Erforschung dieser Hypothese dienen zwei Aufgabenpaare, die in der Aufgabe „Temperatur verstellen Typ2“ integriert sind. Erneut muss die Temperatur für einen bestimmten Fahrzeugbereich eingestellt werden. Beim ersten Paar wird die Menüebene mit fünf simultanen Auswahlmöglichkeiten aus Abbildung 4-6 mit einer sequentiellen Variante verglichen, bei der statt der simultanen Auswahl zwei sequentielle Ebenen mit drei und vier Einträgen zu bearbeiten sind (siehe Abbildung 4-7). Beim zweiten Paar wird die Menüebene mit vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten (vgl. Abbildung 4-6) mit einer sequentiellen Alternative in Beziehung gesetzt, die aus zwei Menüebenen mit fünf und vier Optionen besteht (siehe Abbildung 4-8).

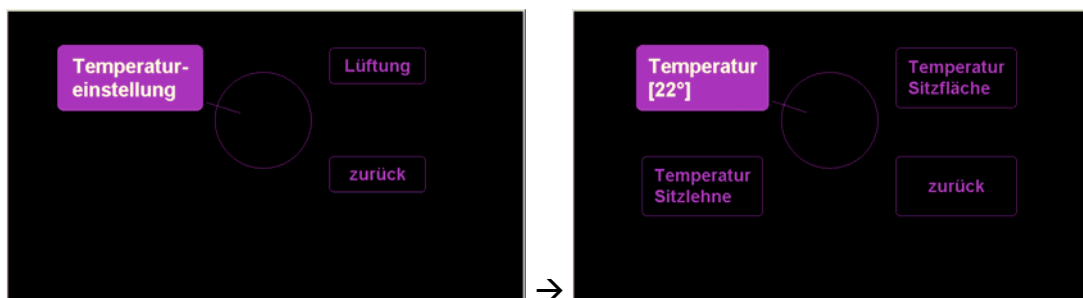


Abbildung 4-7: Sequentielle Menüfolge, die eine Menüebene mit fünf simultanen Auswahlmöglichkeiten ersetzt

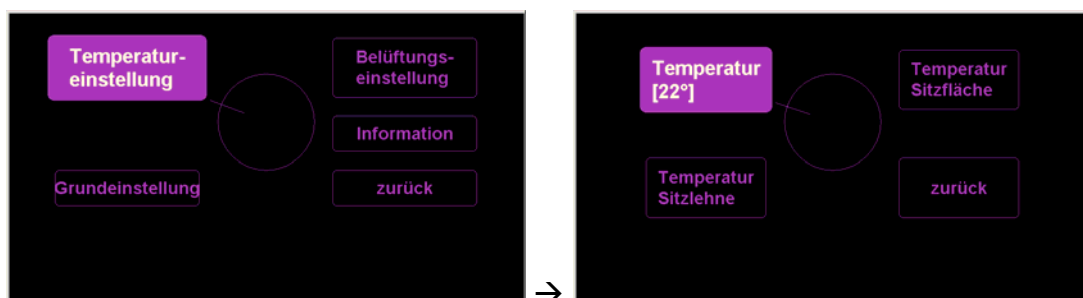


Abbildung 4-8: Sequentielle Menüfolge, die eine Menüebene mit vierzehn simultanen Auswahloptionen vereinfacht

Gemäß der Hypothesen Bed\_1 und Bed\_2 ist zu erwarten, dass die Aufteilung der fünf simultanen Optionen in eine sequentielle Abfolge eine größere Ablenkung bewirkt. Nach Bed\_2 reduziert sich dagegen die Ablenkungswirkung der tertiären Aufgabe, wenn die Menüebene mit vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten in zwei sequentielle Arbeitsschritte aufgebrochen wird.

#### 4.3.1.6 SMS beantworten

Die bisher vorgestellten Versuchsaufgaben zielen stets explizit auf eine bestimmte Abweichung ab. Die Aufgaben „SMS beantworten“ und „Navigationsziel eingeben“ vereinen in sich mehrere mögliche Abweichungen vom systemergonomischen Soll hinsichtlich der Bedienung und sprechen damit erneut die Hypothese Bed\_1 an. Die Annahme Bed\_3 kann dagegen mit den beiden Aufgaben nicht überprüft werden, weil in diesen Fällen nur zwei Varianten verglichen werden.

Die SMS-Aufgabe simuliert den Short Message Service (SMS), der von allen Mobilfunkbetreibern derzeit angeboten wird. Der Versuchsperson wird jeweils eine systemergonomisch gute und schlechte Variante zur Bedienung vorgegeben. Der Fahrer wird gebeten, den Posteingang auf eine SMS von Nicole zu überprüfen und diese gegebenenfalls zu beantworten. In der entsprechenden SMS wird dem Anwender immer die Frage gestellt, ob er sich gerade im Auto befindet. Die zu erwartende Antwort „ja“ ist extra so einfach gestaltet, damit die Texteingabe nicht zu sehr von der Versuchsaufgabe ablenkt und keine unnötige Gefährdung während der Versuchsfahrten herbeigeführt wird.

Wie es die eingangs aufgestellte Anforderungsliste verlangt, stellt die schlechte SMS-Version keine extreme Fantasielösung dar. Vielmehr ist deren Bedienung sehr stark an bestehenden Mobiltelefonen orientiert. Es gibt vier wesentliche Unterschiede zwischen der Variante, die der Soll-Analyse folgt, und der systemergonomisch schlechten Alternative. Diese Differenzen sind hier zusammengestellt.

Die erste Abweichung zeigt sich in der Bedienlänge der beiden Systemausprägungen. Bei der guten SMS-Variante durchwandert der Bediener bis zur Erfüllung der Aufgabenstellung im günstigsten Fall maximal neun Menüebenen. Bei der schlechten Lösung sind mindestens zwölf Stufen zu bedienen.



Abbildung 4-9: Gegenüberstellung der Auswahlebene für empfangene SMS-Nachrichten. Links ist die schlechte Variante abgebildet, bei der zwei sequentielle Schritte simultan dargestellt werden. Bei der rechten guten Version muss sich der Anwender nur auf die erhaltenen Nachrichten konzentrieren.

Des Weiteren werden bei der schlechten Ausprägung zwei sequentielle Schritte simultan angezeigt. Im Gegensatz zur systemergonomischen Vorgabe wird die Auflistung der eingegangenen Nachrichten und die Optionen, wie diese behandelt werden können, gleichzeitig dargestellt (vgl. Abbildung 4-9). Das bedeutet etwa, dass sich der Anwender bereits vor dem Lesen der Nachricht entscheiden muss, ob er diese beantworten möchte. Bei der guten Version ist lediglich, die zu interessierende Nachricht auszuwählen. Diese wird im nächsten Schritt mit den diversen Reaktionsmöglichkeiten (Löschen, Beantworten, Bearbeiten und Weiterleiten) angezeigt. Eine unnötige Überfrachtung an dargestellter Information auf Grund der falschen simultanen Darstellung wird damit vermieden.

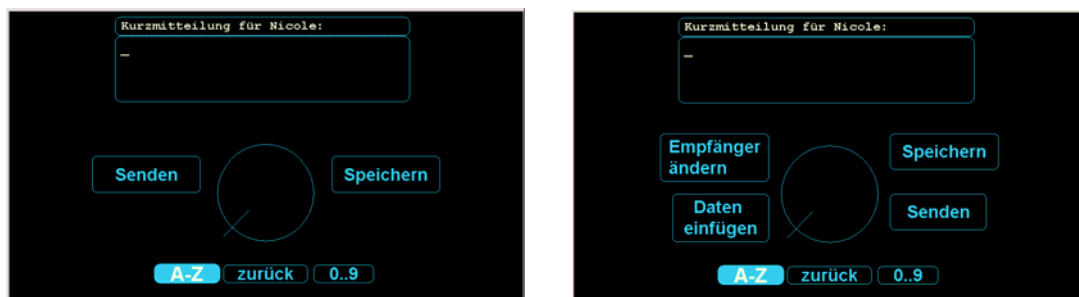


Abbildung 4-10: Oberflächen zur Eingabe des Nachrichtentextes einer SMS. Die rechte Variante folgt dem systemergonomischen Soll und bietet daher mehr Auswahlmöglichkeiten an.

Die Oberfläche zur Eingabe des Antworttextes ist in beiden Fällen weitgehend gleich. Lediglich bei der guten Version kann der Anwender zusätzlich simultan zum Verfassen des Textes den Empfänger ändern oder sonstige Daten dem Text hinzufügen. Der Abbildung 4-10 sind die beiden Menüebenen zu entnehmen. Über das Feld „A-Z“ wird die Buchstabeneingabefunktion gestartet. Für eine Zahleneingabe muss das Feld „0-9“ gewählt werden. Diese Funktion ist nicht gesperrt, obwohl sie für die Aufgabenerfüllung nicht benötigt wird. Abbildung 4-11 zeigt die in beiden Varianten identische Oberfläche zur Buchstabeneingabe. Über die Option „0-9“ erreicht man erneut die Zifferneingabe. Das Feld „opt“ bringt den Anwender zurück zur allgemeinen Texteingabeoberfläche (vgl. Abbildung 4-10). Das Drehfeld ist ohne Anschlag, so dass die beiden unteren Felder direkt erreicht werden können. Aus technischen Gründen werden Kleinbuchstaben für den Buchstabenkranz verwendet.

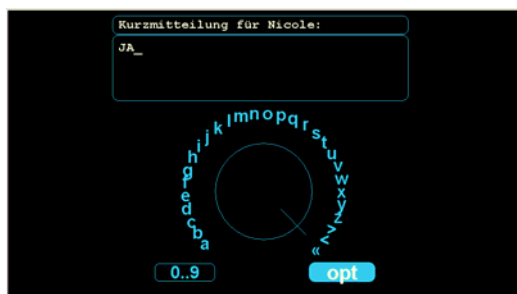


Abbildung 4-11: Oberfläche zur Eingabe der Buchstaben. Diese Menüebene ist für beide Aufgabenvarianten gleich.

Der dritte Unterschied zwischen guter und schlechter Lösung befindet sich am Ende der SMS Funktion. Wählt der Bediener nach Schreiben der SMS in der guten Systemausprägung den Menüpunkt „Senden“ (siehe Abbildung 4-10), bekommt er die Meldung, dass die „SMS erfolgreich gesendet“ worden ist. Das Menü, welches gleichzeitig angeboten wird, bietet die Gelegenheit, in den Posteingang oder in das SMS-Menü zu kommen. Auch kann die gesendete SMS nachträglich gespeichert oder an eine andere Adresse nochmals verschickt werden. Schließlich ist es dem Anwender auch möglich, in das oberste oder letzte Menü zu gelangen. Bei der systemergonomisch ungünstigen SMS-Version sind bis zur „Erfolgsmeldung“ nach Auswahl der „Senden“-Option noch zwei grundsätzlich unnötige sequentielle Schritte durchzuführen. Zuerst ist erneut der Empfänger zu bestätigen. Anschließend muss in der nachfolgenden Menüebene ein zweites Mal der „Senden“ Befehl ausgeführt

werden. Erst zu diesem Zeitpunkt erscheint die Erfolgsmeldung, die mit OK zu bestätigen ist und den Anwender automatisch in die Menüebene für die Texteingabe bringt. Die beiden Menüebenen mit der Erfolgsmeldung sind in Abbildung 4-12 dargestellt. Die schlechte Lösung bietet dem Anwender keine Möglichkeit, weitere Nachrichten im Eingang zu lesen, die letzte Mail zu speichern oder gezielt bestimmte Bereiche der SMS-Funktion anzuwählen.

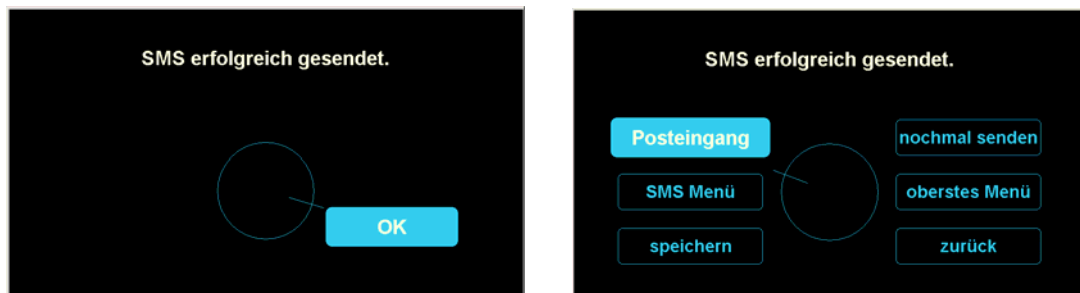


Abbildung 4-12: Empfangsbestätigung bei der schlechten (links) und guten (rechts) SMS-Variante. Die ungünstige Lösung bietet dem Anwender keine Gelegenheit, sein weiteres Vorgehen gezielt zu steuern.

Insgesamt mag die vom systemergonomischen Soll abweichende Ausprägung auf den ersten Eindruck unrealistisch erscheinen. Allerdings ist gerade die Abfolge der einzelnen Menüebenen derzeit gängigen Telefonen direkt nachempfunden. Zusammengefasst birgt die ungünstige SMS-Variante zwei der vier zu Beginn aufgestellten denkbaren Abweichungen in sich. Schon zu Beginn wird eine sequentielle Bedienung simultan dargestellt. Gleichzeitig werden vor allem zum Schluss vom Anwender im Prinzip entbehrliche sequentielle Schritte abverlangt.

#### 4.3.1.7 Navigationsziel eingeben

Auch bei der Navigationsaufgabe werden unterschiedliche Abweichungen gebündelt untersucht und vorrangig die Hypothese Bed\_1 betrachtet. Wie schon bei der SMS-Aufgabe, werden der Versuchsperson zwei Systeme vorgegeben, die sich in der Abbildung des systemergonomischen Solls unterscheiden.

In der Menüstruktur wird nicht ein vollständiges Navigationssystem nachgebildet. Zwei Einschränkungen werden gemacht. Zum einen wird nur die Eingabe eines Ziels simuliert. Eine Führung des Fahrers durch das Navigationssystem während der Fahrt ist nicht realisiert. Zum anderen ist die Zieleingabe reduziert. Es kann nicht ein vollständig neues Ziel eingegeben werden. Vielmehr wird der Fahrer aufgefordert, das letzte gespeicherte Ziel aufzurufen und hier die Hausnummer und die Routenwahl von kürzeste auf schnellste Route zu verändern. Eine Anpassung von mehr Parametern ist auf Grund der Vorversuchsergebnisse nicht sinnvoll. Die Versuchspersonen können eine umfangreichere Aufgabenstellung kaum noch kognitiv verarbeiten. Außerdem wird damit die Versuchsdauer erheblich verlängert.

Die beiden Navigationsvarianten unterscheiden sich in zwei Bereichen. Das betrifft zum einen die Eingabe der Hausnummer und zum anderen die Änderung der Routenwahl. Die systemergonomische Analyse ergibt, dass es sich bei einer Zieleingabe um eine simultane Bedienung zwingender Art handelt. Alle Adressdaten sind für die Zielführung notwendig, müssen aber nicht in einer bestimmten Reihenfolge eingegeben werden. Bei der schlechten Alternative ist diese Eingabe sequentiell gestaltet. Daher muss der Anwender in diesem Fall erst durch vier

sequentielle Stufen wandern, bis die Hausnummer anpassbar ist. Bei der systemergonomisch guten Lösung ist dafür nur ein Schritt notwendig.

Auch ergibt die systemergonomische Analyse, dass die Routenwahl mindestens an zwei Punkten der Menüführung simultan angeboten werden muss. Zum einen kann es der Fahrer für notwendig erachten, gleichzeitig die Routenwahl und die Zielanpassung durchzuführen. Zum anderen ist es denkbar, dass nach dem Start der Zielführung eine Änderung der Route wünschenswert ist. Die systemergonomisch ungünstige Ausprägung ermöglicht eine Änderung der Routenwahl nur an der Stelle nach der Zielführung.

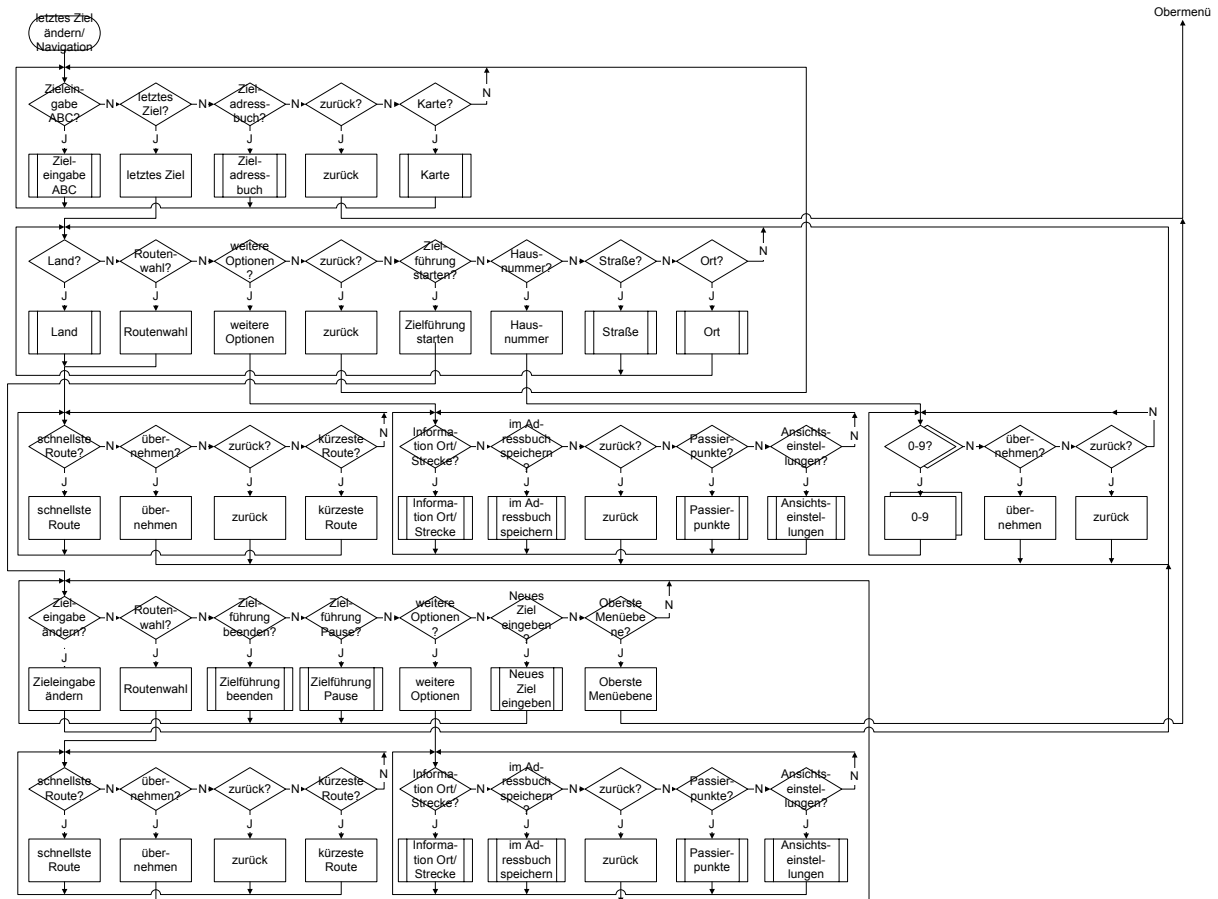


Abbildung 4-13: Flussdiagramm für die Änderung der Hausnummer und Routenwahl bei einem systemergonomisch guten Navigationssystem

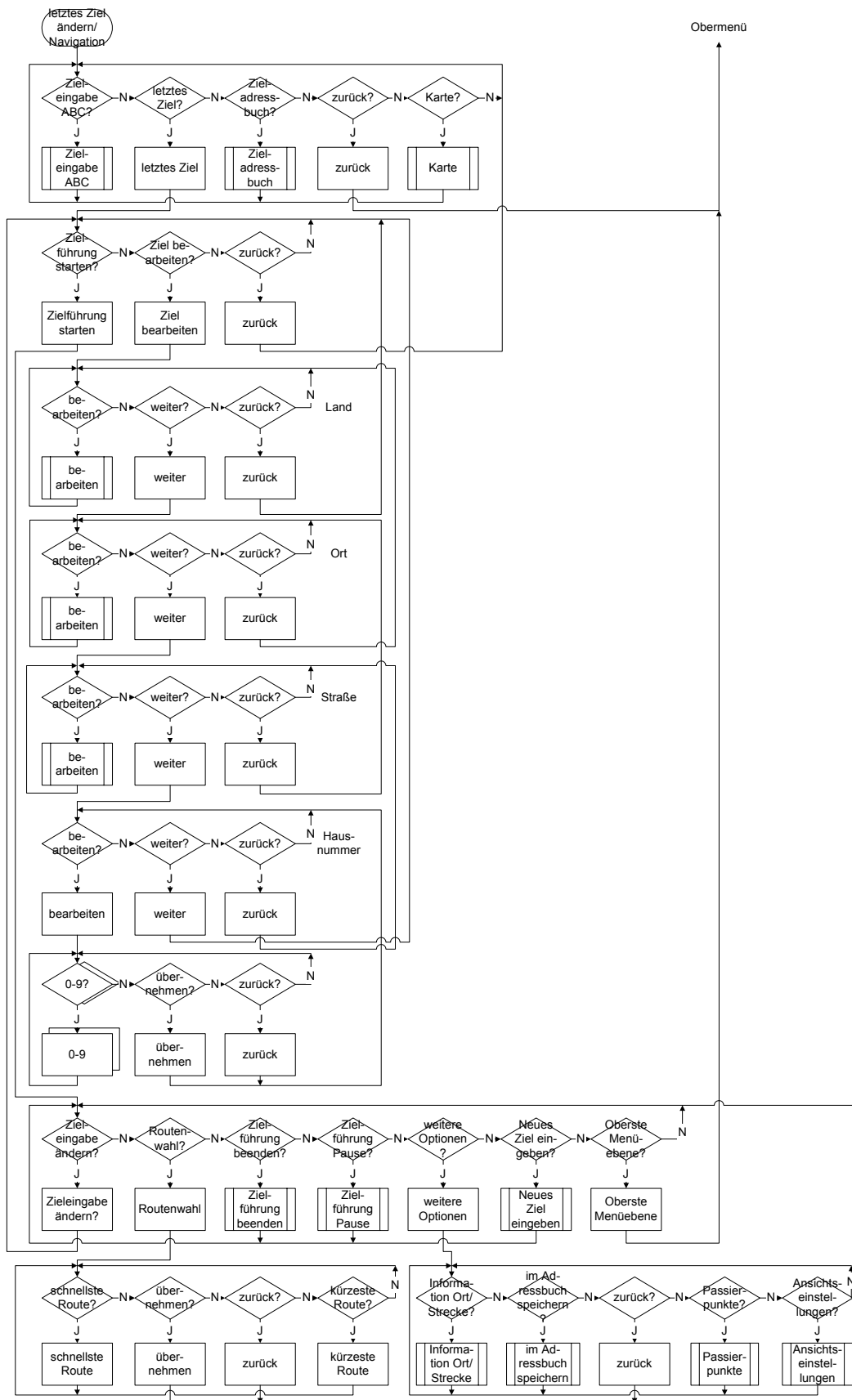


Abbildung 4-14: Flussdiagramm für die Änderung der Hausnummer und Routenwahl bei einem Navigationssystem mit systemergonomisch schlechter Ausprägung



Die Abwandlungen vom systemergonomischen Soll lassen sich besonders gut anhand der Flussdiagramme in Abbildung 4-13 (gute Lösung) und Abbildung 4-14 (schlechte Variante) erkennen. Die Ablaufdarstellung für die gute Lösung zeigt sich schon auf den ersten Blick kompakter und strukturierter. Bei genauerer Betrachtung erweist sich eine Stelle als Schlüsselposition, die sozusagen zwischen Übereinstimmung oder Abweichung von der systemergonomischen Vorgabe entscheidet. Die zweite Zeile mit simultanen Entscheidungsoptionen macht den Unterschied deutlich. Während die gute Version alle notwendigen Auswahlmöglichkeiten simultan anbietet, zwingt die schlechte Lösung den Anwender auf Grund von nur drei Optionen in eine sequentielle Bedienung. Die zu diesen simultanen Bedienungen passenden Menüebenen sind in Abbildung 4-15 dargestellt.



Abbildung 4-15: Schlüsselposition innerhalb der Navigationsaufgabe, bei der die schlechte Lösung (links) vom systemergonomischen Soll abweicht. Die gute Variante (rechts) bietet dem Anwender alle notwendigen Auswahlmöglichkeiten simultan an.

Demzufolge sind zwischen den beiden Navigationsvarianten zwei Abweichungen verbaut. Zum einen wird eine simultane Bedienung sequentiell präsentiert. Zum anderen muss der Benutzer mehr sequentielle Schritte als notwendig bearbeiten. Ähnlich wie bei der SMS-Aufgabe orientiert sich das Design der systemergonomisch ungünstigen Lösung an bestehenden Systemen. Vor allem die Abfrage der Zieldaten erfolgt meist sequentiell. Dies ist in erster Linie technisch bedingt, weil somit die Abfrage in der hinterlegten Datenbank erleichtert und beschleunigt wird. Die sequentielle Abfrage hat in diesem Fall den Vorteil, die Suche für nachfolgende Daten einschränken zu können, wenn das System bereits über ein Basiswissen verfügt. So kann beispielsweise die vom System angebotene Anzahl möglicher Buchstaben für Straßennamen reduziert werden, wenn die passende Stadt schon gewählt ist. Es ist jedoch zu vermuten, dass dieser Vorteil durch die Nachteile, die sich aus der sequentiellen Anordnung ergeben, überdeckt wird.

Abschließend ist noch die Frage zu klären, ob es sich bei der Zieleingabe in einem Navigationsgerät in der Tat um eine tertiäre Aufgabe handelt. Schließlich unterstützt das System den Fahrer bei der Navigation und Führung des Fahrzeugs. Gemäß Bubb (2002) ist zwar inhaltlich die Betätigung des Navigationsrechners dem primären Aufgabenbereich zuzurechnen. Allerdings steht die Bedienung des Navigationsrechners unabhängig von der aktuellen Verkehrssituation, so dass die Eingabe eines Navigationsziels eindeutig den tertiären Aufgaben zuzuordnen ist.

#### 4.3.1.8 Abschließende Betrachtung

Bei einer abschließenden Betrachtung der vorgestellten Aufgaben kann festgehalten werden, dass im Bereich der Bedienung theoretisch vier Abweichungen vom systemergonomischen Soll denkbar sind. Diese sind in sechs Versuchsaufgaben mit

jeweils mindestens zwei Varianten realisiert. Dabei gehen die vier Aufgaben „Information aus dem Bordcomputer lesen“, „Bass/Höhen verstellen im Radio“, „Temperatur verstellen (Typ1)“ und „Temperatur verstellen (Typ2)“ gezielt auf mögliche Abweichungen ein. Die Versuchsaufgaben „SMS beantworten“ und „Navigationsziel eingeben“ tragen mehrere Abweichungen in sich. Sie stellen sozusagen Aufgaben dar, in denen mögliche Differenzen von der systemergonomischen Vorgabe ganzheitlich betrachtet werden. Die vorstellbare Abwandlung, eine sequentielle Bedienung simultan zu präsentieren, ist in keiner Aufgabe eigenständig implementiert. Diese Abweichung tritt in Kombination mit anderen in der SMS-Aufgabe auf. Außerdem gilt für alle aufgestellten Hypothesen zur Bedienung, dass diese mit mindestens einer generierten Versuchsaufgabe untersucht werden können.

Für die Führungsart, Aufgabenart und Rückmeldung wird jeweils nur eine Versuchsaufgabe mit unterschiedlichen Varianten generiert. Eine Beschreibung dieser findet sich in den nächsten Punkten.

### **4.3.2 Führungsart**

Analysiert man eine Aufgabe hinsichtlich der Führungsart, stehen örtliche und zeitliche Einschränkungen im Vordergrund. Unterschieden wird zwischen statischen und dynamischen Aufgaben. Bevor die Aufgabenvarianten zur Untersuchung der Hypothesen für die Führungsart detailliert vorgestellt werden, wird kurz auf die speziellen Vorüberlegungen und Anforderungen eingegangen.

Grundsätzlich sind tertiäre Aufgaben vom Wesen her statisch, weil das zu erreichende Arbeitsziel fest liegt und der Fahrer seine Ausführungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der vorherrschenden Verkehrssituation selbst bestimmen kann. Allerdings können tertiäre Aufgaben dynamisch werden, wenn die frei wählbare Ausführungsgeschwindigkeit gestört wird. Die Störung kann hierbei durch eine automatische Rücksprungfunktion mit kleinem Zeitfenster erfolgen. Für den Fall, dass mit einer Bedienung länger gewartet wird als das Zeitfenster vorgibt, springt das System selbständig auf die oberste Ebene zurück.

Für die Führungsart sind die zwei Hypothesen Führ\_1 und Führ\_2 formuliert, die in der Quintessenz annehmen, dass eine dynamische Aufgabe stärker ablenkt als eine statische. Außerdem wird demzufolge eine tertiäre Aufgabe immer ablenkender je dynamischer diese gestaltet ist.

Aus den Vorüberlegungen und den beiden Annahmen ergeben sich insgesamt vier Anforderungen an die Versuchsaufgabe. Erstens muss ein Zeitfenster integriert werden können. Zweitens ist das Zeitfenster in der Länge variabel zu gestalten. Drittens sollte die Versuchsaufgabe möglichst viele Bedienschritte aufweisen, damit für die Versuchsperson die Wahrscheinlichkeit größer wird, einen automatischen Rücksprung zu erleben. Schließlich hat die Abfolge der einzelnen Bedienschritte bei allen unterschiedlichen Varianten weitgehend übereinzustimmen, um die Vergleichbarkeit zu erleichtern.

Die Anforderungsliste resultiert in einer Aufgabe, bei der die Versuchsperson aus einem in der Menüstruktur integrierten elektronischen Kalender einen bestimmten Termin lesen soll. Es werden vier Varianten getestet, wobei drei über einen automatischen Rücksprung verfügen und die vierte Ausprägung statisch gestaltet ist. Die drei dargebotenen Zeitfenster haben eine Dauer von drei, vier und fünf

Sekunden. Die kürzeste Zeit basiert aus den Erfahrungen anderer Arbeiten und Vorversuchen. Im Mittel benötigt der Fahrer zwischen 0,4 und 0,8 Sekunden, um ein relevantes Objekt in der Verkehrsumgebung zu erfassen. Außerdem ist der Fahrer in der Regel nicht bereit, länger als zwei Sekunden seinen Blick auf eine nicht den Verkehr betreffende Information zu richten (Gengenbach, 1997; Schweigert, 2003a). Summiert man diese beiden Werte und rundet die Summe auf, kommt man auf eine Rücksprungzeit von drei Sekunden, die wahrscheinlich als unterste Grenze für die Bedienung einer tertiären Aufgabe im Auto anzusehen ist. Tatsächlich zeigen die Vorversuche, dass ein kürzeres Zeitfenster auch im Stand kaum noch zu bedienen ist. Die Rücksprungzeiten von vier und fünf Sekunden sollen helfen, diese theoretisch festgelegte Untergrenze genauer ausloten zu können.

### **4.3.3 Aufgabenart**

Zum besseren Verständnis der Versuchsaufgabe für die Aufgabenart, wird eingangs noch einmal dieser Teilbereich der systemergonomischen Gestaltungsmaximen kurz erläutert. Es wird wiederholt, wovon die Ablenkung hinsichtlich der Aufgabenart abhängt und welche Hypothese aufgestellt ist. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Aufgabe werden im zweiten Schritt aufgelistet und eine Versuchsaufgabe vorgestellt, die diese erfüllt. Schließlich wird die Anzahl möglicher Aufgabenvarianten festgelegt und deren Bedienung beschrieben.

Die Aufgabenart bestimmt die Einbindung des Menschen in den Arbeitsprozess. Unterschieden wird, ob ihm eine aktive oder monitive Rolle zukommt. Bei der aktiven Aufgabenauslegung wirkt der Mensch direkt durch seine aktive Bedienung auf das Arbeitsergebnis ein. Eine monitive Aufgabe ist durch die Beobachtung eines automatischen Vorgangs charakterisiert, der nur bei einem Fehler vom Anwender unterbrochen wird. Im Auto existieren diverse Beispiele für monitive Aufgaben. Automaten wie Thermostat der Klimaanlage, Scheibenwischer, Regensensor, automatisches Licht, Tempomat, Abstandsregelautomat, Spurhalteassistent oder Radio mit Sendersuchlauf nehmen dem Fahrer Arbeit ab und versetzen ihn in eine überwachende Position.

Hinsichtlich der Ablenkung sind bei der Betrachtung der Aufgabenart die drei Parameter Startaufwand, Zuverlässigkeit und Fehlerkorrigierbarkeit von Bedeutung. Wie leicht der Automat zu starten ist, wie häufig welche Art von Fehlern auftreten und wie leicht diese zu korrigieren sind, haben maßgeblichen Einfluss auf das Ablenkungspotenzial einer monitiven Aufgabe. Diese Überlegungen summieren sich in der Hypothese Führ\_1. Demnach ist eine monitive, tertiäre Aufgabe weniger ablenkend als eine aktive Variante, wenn der Automat entweder leicht zu starten ist und fehlerfrei arbeitet oder bei einem leichten Start und einem auftretenden Fehler ohne Schwierigkeit korrigiert werden kann.

Daraus ergeben sich folgende zwei Anforderungen an die Versuchsaufgabe zur Überprüfung dieser Hypothese. Primär ist eine Aufgabe von Nöten, die sowohl als aktive als auch monitive Ausprägung sinnvoll zu gestalten ist. Des Weiteren müssen in der Aufgabe Varianten integrierbar sein, die sich hinsichtlich eines leichten und schweren Starts, Fehler und keinem Fehler sowie leichter und schwerer Fehlerkorrigierbarkeit unterscheiden.

Dafür bietet sich ein Radio an, das als Prämisse über eine technische Besonderheit verfügt. Anders als handelsübliche Radios soll dieses Gerät anhand gesendeter

Inhalte Radiosender klassifizieren und einstellen können. So sind etwa alle Nachrichtensender oder Klassiksender unter jeweils einer Sendertyp-taste zusammengefasst. Möchte der Fahrer beispielsweise einen Nachrichtensender hören, wählt er über die Sendertyp-taste die entsprechende Kategorie aus. Über Such-tasten können im nächsten Schritt alle Nachrichtensender angewählt werden, ohne dass die Suche durch anders klassifizierte Sender gestört wird.

Werden die drei möglichen Einflussgrößen Start, Zuverlässigkeit und Korrigierbarkeit in den monitiven Aufgabenvarianten realisiert, so müssen die jeweiligen Extremas verwendet werden. Damit steht ein sehr leichter Start einem sehr schweren Start usw. gegenüber. Diese Konzentration auf die Maximalwerte basiert auf drei Überlegungen. Erstens lassen sich damit Unterschiede leichter erkennen. Zweitens reduziert man damit die Anzahl möglicher Varianten und begrenzt folglich das zeitliche Ausmaß der Versuche. Schließlich ist, wie später noch genauer erläutert wird, aus statistischen Gründen eine Beschränkung auf wenige Ausprägungen für die Auswertung notwendig. Somit ergeben sich aus diesen Vorüberlegungen sechs denkbare monitive Aufgabenvarianten. Theoretisch wären bei drei Einflussgrößen acht vorstellbar. Aber wie bei der Formulierung der Hypothesen schon erläutert wurde, macht eine Unterscheidung hinsichtlich der Fehlerkorrigierbarkeit keinen Sinn, wenn der Automat ohne Fehler arbeitet. Werden zum Vergleich noch zwei aktive Varianten hinzugefügt, ergeben sich insgesamt acht unterschiedliche Ausprägungen für die Aufgabenart. Diese können in folgender Kurzform beschrieben werden:

- Aktive Aufgabe (Wenig Bedienschritte)
- Aktive Aufgabe (Viele Bedienschritte)
- Monitive Aufgabe, leichter Start, kein Fehler
- Monitive Aufgabe, leichter Start, Fehler, leichte Korrektur
- Monitive Aufgabe, leichter Start, Fehler, schwere Korrektur
- Monitive Aufgabe, schwerer Start, kein Fehler
- Monitive Aufgabe, schwerer Start, Fehler, leichte Korrektur
- Monitive Aufgabe, schwerer Start, Fehler, schwere Korrektur

Der Start und die Fehlerkorrigierbarkeit des Automaten sollen entweder leicht oder schwer gestaltet werden. Die Schwierigkeit der Aufgabe wird erhöht, indem sich das Design an den Überlegungen für die Aufgaben der zeitlichen Ordnung orientiert. Mehr sequentielle Schritte oder simultane Auswahlmöglichkeiten erschweren daher die Bedienung des Automaten.

Wie sehen die Versuchsaufgabenvarianten im konkreten Fall aus? Abbildung 4-16 zeigt die Basisoberfläche der Radioaufgabe. Jedes Mal wenn der Anwender das Radio aufruft, erscheint diese Menüebene. Gleichzeitig wird zum oben in der Mitte angezeigte Radiosender ein passendes Musikstück abgespielt. In der dargestellten Situation handelt es sich um „Jam FM 88,00“. Die erste Zeile mit Auswahl-feldern entspricht den Sendertyp-tasten, die es erlauben, einen entsprechenden Sendertyp gezielt auszuwählen. Im vorliegenden Beispiel ist das Radio auf Pop-Sender eingestellt. Mit den Sendertyp-such-tasten (hier: „vorheriger Popsender“ und „nächster Popsender“) kann der nächste Sender der gewählten Senderliste aufgerufen werden. Klickt man beispielsweise eine der beiden Sendertyp-such-tasten an, wählt das Radio

den vorhergehenden oder nachfolgenden Pop-Sender aus und spielt diesen ab. Der Abspielvorgang wird dabei vom System nicht automatisch unterbrochen. Bei Selektion einer anderen Sendertyp Taste, ändert sich der entsprechende Eintrag in den Sendertypsuchtafeln. In dem vorliegenden Fall möchte der Benutzer allerdings einen Radiosender manuell suchen, da die „manuell“-Taste bereits hervorgehoben ist. Wird eine „manuell“-Taste ausgewählt, sucht das System unabhängig von den Sendertypen den nächsten oder vorhergehenden Sender im Frequenzband und spielt diesen ab. Schließlich befinden sich auf der Oberfläche noch die beiden Felder „zurück“ und „Einstellungen“. Über „zurück“ wird die nächsthöhere Menüebene erreicht. Unter „Einstellungen“ befinden sich diverse Einstellmöglichkeiten für die Sendertypsuche und sind wichtige Bestandteile für die Varianten „schwerer Start“ und „schwere Fehlerkorrektur“. Die aktiven und monitiven Aufgaben starten immer bei der beschriebenen Oberfläche. Welche Bedienschritte im Einzelnen vom Anwender erwartet werden, schildern die nachgestellten Absätze.



*Abbildung 4-16: Basisoberfläche der Radioaufgabe. Das Radio kann Radiosender anhand des Inhalts klassifizieren und ermöglicht damit eine gezieltere Sendersuche. Selbstverständlich kann ein Sender auch über die „manuell“-Tasten gefunden werden.*

Bei der aktiven Bedienung muss durch Anklicken der „manuell“-Tasten ein bestimmter Radiosender gefunden werden. Mit jedem Anklicken findet das Radio einen Sender. Dabei verfällt das System nicht in einen automatischen Suchzustand, der nur immer einen Radiosender anspielt und nach kurzer Zeit zur nächsten Frequenz weiterwandert. Vielmehr muss der Anwender entscheiden, ob es sich um den gewünschten Sender handelt und bei Bedarf die Suche durch aktives Anklicken fortsetzen. Insgesamt werden der Versuchsperson zwei aktive Radioaufgaben vorgegeben, die sich in der Anzahl der notwendigen Klicks (zwei bzw. vier) unterscheiden. Dabei spielt es für den Erfolg keine Rolle, in welche Richtung die Suche auf dem Frequenzband gestartet wird.

Die monitive Aufgabenstellung „Leichter Start, kein Fehler“ verlangt vom Fahrer, den gewünschten Sendertyp über eine der Sendertyp-tasten auszuwählen. Ist dies erfolgt, ertönt sofort der geforderte Sender. Die restlichen fünf monitiven Varianten werden generiert, indem der Start erschwert wird oder eine leichte bzw. schwere Fehlerkorrektur zu bewältigen ist. Anders als bei einem leichten Start, befindet sich bei der schweren Startalternative der gewünschte Sendertyp nicht unter den Sendertyp-tasten, so dass diese erst umprogrammiert werden müssen. Hierzu müssen über das Feld „Einstellungen“ im Ganzen sechs Menüebenen durchlaufen werden.

Bei der Aufgabenvariante „Leichte Fehlerkorrektur“ spielt das Radio nach Auswahl der notwendigen Sendertyp-taste nicht den gewünschten Sendertyp an.

Beispielsweise kann beim eingestellten Sendertyp „Rock“ klassische Musik erklingen. Diesen Fehler korrigiert man durch Anklicken der „vorheriger *Sendertyp*“ oder „nächster *Sendertyp*“ Tasten. Insgesamt sind die Varianten so gestaltet, dass der gespielte Sendertyp vom gewünschten Typ extrem differiert und von den Versuchspersonen ohne Probleme als unterschiedlich wahrgenommen werden können.

Wird eine schwere Fehlerkorrektur simuliert, ertönt nach Auswahl der Sendertyp-taste zuerst keine Musik. Vielmehr erscheint eine Meldung auf dem Bildschirm, dass mit den Empfindlichkeitseinstellungen kein passender Sender gefunden werden kann. Aufgabe des Anwenders ist es nun, unter „Einstellungen“ die Empfindlichkeit der Sendersuche entsprechend anzupassen. Die Anpassung ist komplex gestaltet und erfordert mindestens fünf sequentielle Schritte.

Für die Aufgabenart gilt insgesamt, dass für die eine Hypothese eine Versuchsaufgabe mit acht unterschiedlichen Varianten geplant ist. Von den acht Ausprägungen sind zwei aktiv und die restlichen monitiv gestaltet. Alle Varianten sind in einem Radio verwirklicht, dass mit einer identischen Oberfläche gesteuert wird. Damit die Versuchsperson mit den acht Ausprägungen konfrontiert wird, müssen acht unterschiedliche Sender eingestellt werden, wobei in der Aufgabenstellung vorgegeben wird, ob der aktive oder monitive Weg einzuschlagen ist.

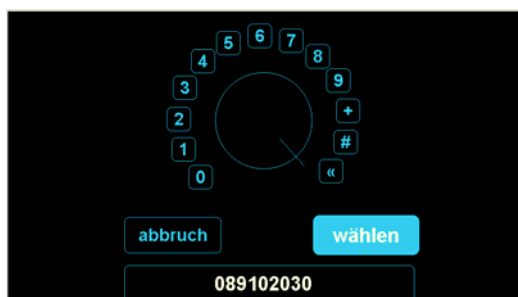
#### **4.3.4 Rückmeldung**

Über die Rückmeldung erhält der Mensch im Idealfall Information, ob seine Bedienung etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er damit hatte. Dabei stehen die Art der Rückmeldung und die bis zur Rückmeldung verstrichene Zeit im Mittelpunkt der Analyse. Bei der Formulierung der einzelnen Hypothesen wird bereits darauf hingewiesen, dass die Art der Rückmeldung von der Darstellung, Komplexität, dem Grad der Rückmeldung und der Kombination unterschiedlicher Sinneskanäle abhängt. Um den Umfang der Versuche nicht zu stark auszudehnen, wird allerdings auf diesen Aspekt nicht näher eingegangen. Es wird lediglich der Einfluss der Verzögerungszeiten auf die Ablenkungswirkung untersucht. In diesem Abschnitt wird zuerst kurz erläutert, über welche Sinneskanäle mit der geplanten Simulation eine verspätete Rückmeldung an den Anwender übertragen werden kann. Es folgt eine Beschreibung der Aufgabenstellung und eine knappe Begründung für die verwendeten Verzögerungszeiten.

Für die zu stellende Versuchsaufgabe bedeutet dies, dass nur die verstrichene Zeit bis zur Rückmeldung variiert werden muss. Ausgehend von der vorgesehenen Hardware (Dreh-Drücksteller und TFT-Display) sowie der Menüstruktur ergeben sich theoretisch zwei Sinneskanäle, die eine verzögerte Rückmeldung erhalten können. Zum einen ist eine Verzögerung der visuellen Rückmeldung vorstellbar. Dabei kann sich das optische Hervorheben oder Ausführen eines gewählten Menüpunktes verspäten. Zum andern sind Störungen bei der akustischen Rückmeldung denkbar. Davon wären verzögerte Töne beim Tastenklick oder Einrasten des Drehknopfes genauso betroffen wie ein säumiges Abspielen der Endfunktion (Lied, Stimme etc.).

Konkret ist eine graphische Telefonwählscheibe vorgesehen, mit der die Nummer 089/102030 gewählt werden muss. In Abbildung 4-17 ist die entsprechende Menüebene zu sehen. Die zeitliche Verzögerung beschränkt sich ausschließlich auf die visuelle Rückmeldung. Das bedeutet ausgewählte Menüpunkte wie Ziffern oder Felder werden verspätet hervorgehoben. Zusätzlich werden die selektierten Zahlen

in der unteren Zeile verzögert angezeigt. Die Ausführung der Funktion erfolgt dagegen zeitgleich. Das bedeutet, im Inneren arbeitet das System ohne Verzug, während nur die Oberfläche entsprechend träge reagiert. Auf eine akustische Verzögerung wird verzichtet, weil der Anwender noch stärker verwirrt wird, wenn die Geräusche der Bedienung zeitkonform ertönen. Auch entspricht dies der allgemeinen Erfahrung mit Rechnern. Beim Navigieren im Internet kann es beispielsweise bisweilen vorkommen, dass auf dem Bildschirm keine optische Rückmeldung erfolgt und der Cursor nicht bewegt werden kann. Gleichzeitig hört man allerdings den Tastenklick der Maus oder den Rastton des Scrollrades.



*Abbildung 4-17: Menüebene zur Eingabe einer Telefonnummer. Die gewählte Nummer wird unten angezeigt. Nach Betätigung der „wählen“-Taste wird die in der unteren Zeile stehende Nummer gewählt. Die simulierte Verbindung ist immer besetzt.*

Pro Menüstruktur können zwei Telefonaufgaben verbaut werden, wenn man unter einem Privat- und Geschäftsgespräch unterscheidet. Damit sind insgesamt vier Versuchsvarianten mit unterschiedlichen Rückmeldezeiten möglich. Basierend auf den Hypothesen Rück\_1 und Rück\_2 sind als Verzögerungszeiten 100 Millisekunden, 200 Millisekunden, zwei Sekunden und drei Sekunden vorgesehen. Die Zeiten im Millisekundenbereich, werden für die Versuchspersonen keine Schwierigkeit darstellen, weil sie sich im Bereich der physiologischen Reaktionszeit bewegen. Zwei Sekunden werden in der Literatur als äußerste Grenze für eine Verzögerung der Rückmeldung angegeben (Bubb und Seiffert, 1992b). Die längste Verspätung von drei Sekunden ist schließlich nicht mehr akzeptabel und wird zu großer Ablenkung führen.

So ist festzuhalten, dass für die Untersuchung der beiden Annahmen bezüglich einer verzögerten Rückmeldung vier Aufgabenvarianten zur Verfügung stehen, bei denen ausschließlich die visuelle Information säumig dargestellt wird.

#### **4.4 Zusammenfassung der Versuchsaufgaben**

Somit sind alle neun Versuchsaufgaben vorgestellt, die sich insgesamt auf 36 Varianten verteilen. Eine Übersicht über die Aufgaben und Ausprägungen gibt Tabelle 4-2.

Teilbereich der systemergonomischen Gestaltungsmaximen	Versuchsaufgaben	Versuchsaufgabenvariation
<b>Bedienung</b>	Information aus dem Bordcomputer lesen	Drei simultane gegen drei sequentielle Anordnungen
	Bass/Höhen verstellen im Radio	Fünf, sechs, sieben und acht sequentielle Schritte
	Temperatur verstellen (Typ1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sechs und zwölf simultane Auswahlmöglichkeiten</li> <li>• Drei, fünf, acht und vierzehn simultane Auswahlmöglichkeiten</li> </ul>
	Temperatur verstellen (Typ2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fünf simultane Optionen gegen zwei sequentielle Schritte mit drei und vier Auswahlmöglichkeiten</li> <li>• Vierzehn simultane Optionen gegen zwei sequentielle Schritte mit fünf und vier Auswahlmöglichkeiten</li> </ul>
	SMS beantworten	Eine gute und eine schlechte systemergonomische Auslegung
	Navigationsziel eingeben	Eine gute und eine schlechte systemergonomische Auslegung
<b>Führungsart</b>	Termin in elektronischen Kalender überprüfen	Eine statische und drei dynamische Aufgaben mit Zeitfenster von drei, vier und fünf Sekunden
<b>Aufgabenart</b>	Radiosender finden	Zwei aktive und sechs monotone Aufgaben (Start, Fehler, Fehlerkorrektur)
<b>Rückmeldung</b>	Telefonnummer wählen	Vier verzögerte Rückmeldezeiten (100 ms, 200 ms, 2 s und 3 s)

*Tabelle 4-2: Zusammenfassung der Versuchsaufgaben. Es werden neun Aufgaben mit insgesamt 36 Variationen gestellt.*

Die Versuchsaufgaben werden in zwei Menüstrukturen verbaut, die aus einzelnen Menüebenen bestehen. Der Anwender kann mit Hilfe des Dreh-Drückstellers, der „zurück“-Felder in den Menüebenen und einer separaten Rücksprungtaste innerhalb einer Struktur navigieren. Nicht alle Optionen einer Menüebene sind mit einer Funktion hinterlegt. Wählt der Anwender einen solchen leeren Menüpunkt aus, erhält er den visuellen Hinweis, dass die Funktion nicht zur Verfügung steht.

Die Versuchsaufgaben beziehen sich auf die Hypothesen für die Teilbereiche Bedienung, Führungsart, Aufgabenart und zeitlich verzögerte Rückmeldung der systemergonomischen Gestaltungsmaximen. Auf eine gute Vergleichbarkeit und Realitätsnähe der einzelnen Ausprägungen wird geachtet.

Alle Versuchsaufgaben werden in einem Versuchsträger integriert, der im nächsten Kapitel genauer beschrieben ist.



## 5 Versuchsdesign

Die zur Durchführung und Auswertung der Versuche notwendigen Komponenten werden in diesem Kapitel ausführlich erläutert. Dabei wird auf den Versuchsträger, das Warm-Up, die verwendeten Messsysteme und Messgrößen, das Versuchspersonenkollektiv, die Versuchsstrecke und den Versuchsablauf eingegangen. Angaben über die Datenaufbereitung sowie -analyse finden sich im abschließenden Abschnitt „statistische Auswertung“.

### 5.1 Versuchsträger

Dieser Abschnitt beschreibt das für die Versuche verwendete Fahrzeug, die für die Simulation notwendige Hard- und Software sowie den während der Versuche verwendeten Namen für die Simulation.

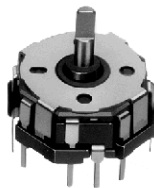
Die Realversuche werden mit einem BMW 328i Touring E46 mit Klimaanlage durchgeführt. Das Fahrzeug verfügt über 2793 cm<sup>3</sup> Hubraum, 142 kW Leistung und wurde am 30.07.99 erstmals zugelassen. Es bietet ausreichend Platz, um die Hardwarekomponenten für die Simulation und die Messsysteme aufnehmen zu können. Zur Warnung nachfolgender Verkehrsteilnehmer ist in der Heckscheibe ein Hinweisschild angebracht.



*Abbildung 5-1: Zwischen Fahrer und Beifahrersitz montierte Bedieneinheit, die im Wesentlichen aus einem Dreh-Drücksteller und einer separaten Taste für die Rücksprungfunktion besteht. Das Gehäuse kann in Längsrichtung verschoben werden.*

Für die Simulation werden als Hardwarekomponenten eine Bedieneinheit, ein Display und ein Rechner benötigt. Die Bedieneinheit wird zwischen Fahrer- und Beifahrersitz hinter dem Automatikhebel und vor der eingebauten Armlehne montiert (vgl. Abbildung 5-1). Damit die Einheit sich für die unterschiedlichen Körpermaße der Versuchspersonen stets in einer anthropometrisch optimalen Position befindet, kann sie in Längsrichtung um etwa 400 mm verschoben werden. Die Bedieneinheit besteht aus den vier Baugruppen Dreh-Drücksteller, Rücksprungtaste, Gehäuse und Bedienknopf. Für die Bedienung der Menüstrukturen, in der die Versuchsaufgaben integriert sind, wird als zentrales Bedienelement ein Dreh-Drücksteller verwendet.

Zum Einsatz kommt dafür der „Center Push Stick Controller“ Typ RKJXT1E12001 der Firma Alps Electric Co., LTD (siehe Abbildung 5-2). Dieser Schalter vereinigt drei Funktionen in sich: Eine Drehfunktion mit einer Rasterung von  $12^\circ$ , eine Drückfunktion und eine Kippfunktion in acht Richtungen. Zusätzlich muss die Bedieneinheit über eine separate Taste für die Rücksprungfunktion auf die höchste Menüebene verfügen. Diese ist für den Fall vorgesehen, dass sich der Anwender in der Struktur verirrt hat und einen einfachen Weg aus seinem Labyrinth sucht. Ein Gehäuse aus Aluminium nimmt alle elektronischen Bauteile auf und gewährleistet die Längsverschiebung im Fahrzeug. Die letzte Baugruppe stellt der Bedienknopf für den Dreh-Drücksteller dar. Dieser ist zweiteilig aus Aluminium gefertigt und innen hohl, um Gewicht zu reduzieren und eine Fehlbedienung des Schalters durch Fahrzeugschütterungen zu verhindern. Der Bedienknopf verfügt über einen maximalen Durchmesser von 52 mm und eine Höhe von 32 mm. Abbildung 5-3 zeigt den Fahrerplatz mit Bedieneinheit und Display. Als Anzeigeelement wird ein TFT-Display mit sieben Zoll Bildschirmdiagonale verwendet. Es wird in der Mitte des Armaturenbretts auf Höhe des Tachometers befestigt. Damit auch bei starker Sonneneinstrahlung der Bildschirm noch gut abzulesen ist, wird eine ausreichend große Sonnenblende angebracht. Die Elektronik des Bedienelements ist über die Schnittstelle RS-232 mit einem Intel Pentium IV Rechner verbunden, der im Kofferraum auf einer gefederten Plattform befestigt ist.



*Abbildung 5-2: Verbauter Dreh-Drücksteller (RKJXT1E12001) der Firma Alps. Dieser Controller vereint auf einem Bauraum von 16,8 mm Breite und 6,8 mm Höhe eine Drehfunktion mit einer  $12^\circ$  Rasterung, eine Drückfunktion und eine Kippfunktion in acht Richtungen.*



*Abbildung 5-3: Fahrzeuginnenraum des Versuchsfahrzeugs mit Bedieneinheit und Display. Der Bildschirm verfügt über eine Sonnenblende und ist in der Mitte des Armaturenbretts auf Höhe des Tachometers montiert.*

Simuliert werden die beiden Menüstrukturen mit Hilfe der Software LabView 6.02 der Firma National Instruments unter Windows 98 als Betriebssystem. LabView ist eine Messsoftware, mit der Daten über Messkarten oder serielle Schnittstellen ohne großen technischen Aufwand gelesen und verarbeitet werden können. Die Software kann beliebig auf die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden. In Abhängigkeit von den erhaltenen Signalen der Bedieneinheit generiert LabView die angezeigten Menüebenen.

In Anlehnung an reale Systeme in Automobilfahrzeugen bekommt die Simulation schließlich mit *LfE-Cruise* einen eigenen Namen. Die Abkürzung „LfE“ steht für Lehrstuhl für Ergonomie der TU München. „Cruise“ (engl. = kreuzen) symbolisiert, dass die Versuchsperson bildlich gesprochen durch die Menüstruktur wandern muss. Die Namensgebung erfüllt keinen Selbstzweck, sondern unterstützt vielmehr die realitätsnahe Darstellung der Simulation, da das System den Fahrern als „LfE-Cruise“ vorgestellt wird. Durch die Namensgebung wird die Simulation aus seiner technischen Sonderstellung herausgeführt und von den Versuchspersonen leichter als eigenständiges, realitätsnahes System wahrgenommen.

Zusammenfassend gilt, dass für die Versuche ein BMW E46 zur Verfügung steht, in dem die Komponenten der Simulation LfE-Cruise verbaut sind. Diese umfassen die Bedieneinheit aus Dreh-Drücksteller, Rücksprungtaste, Gehäuse und Bedienknopf sowie die Software und den Steuerungsrechner. Den für die bessere Abbildung der Wirklichkeit notwendige Begriff „LfE-Cruise“ lernen die Versuchsteilnehmer zum ersten Mal bei der Einführung in die Funktionsweise der Menüstrukturen kennen. Hierzu wird ein so genanntes Warm-Up verwendet, dessen Zweck und Aufbau im nächsten Abschnitt erläutert wird.

## 5.2 Warm-Up

Zur Erklärung des Warm-Ups wird zuerst die dahinter liegende Intuition beschrieben. Im zweiten Schritt werden die sieben Warm-Up Aufgaben aufgeführt.

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Versuchspersonen die Simulation ohne Einführung sofort bedienen können. Grundprinzipien und -begriffe des Systems sind dem Anwender vor Beginn zu vermitteln. Vor den eigentlichen Versuchsfahrten muss es dem Benutzer möglich sein, sich mit dem LfE-Cruise vertraut zu machen. Diese Einführung darf allerdings nicht mit Hilfe der für die Versuchsaufgaben vorgesehenen Menüstrukturen erfolgen, weil sonst später nur der Lerneffekt bei den Versuchspersonen gemessen würde. Deshalb ist für die Beschreibung des Systems eine eigene Struktur notwendig. Das dafür erstellte Warm-Up bildet die Versuchsaufgaben in einer separaten Menüstruktur ab, ohne diese zu kopieren. Es bestehen zwar die notwendigen Ähnlichkeiten zu den später verwendeten Menüstrukturen. Die im Warm-Up gestellten Aufgaben unterscheiden sich dennoch von den eigentlichen Versuchsaufgaben, um Lerneffekte bei der Bedienung einer speziellen Aufgabenstellung zu vermeiden.

Es stehen im Ganzen die sieben Warm-Up Aufgaben Telefon, Klangeinstellung, Temperatur verstellen, Texteingabe, einfaches Navigationssystem, Fotoalbum und Radio zur Verfügung, die nach Schwierigkeitsgrad geordnet sind und in dieser Reihenfolge den Versuchspersonen erklärt werden. Die Warm-Up Aufgaben stellen sich wie folgt dar. Als erstes wird dem Anwender eine vereinfachte Telefonaufgabe erläutert, weil die Bedienung eines Telefons jedem vertraut ist und so eventuelle

Berührungsgänge abgebaut werden. Um die Telefonoberfläche zu erreichen, ist anders als bei den Versuchsaufgaben bei der Warm-Up Struktur nur ein sequentieller Schritt notwendig. Die Telefonmenüebene ist mit der späteren Versuchsoberfläche identisch. Das Warm-Up Telefon verfügt allerdings über keine zeitlich verzögerte Rückmeldung. Dass es bei den eigentlichen Versuchsfahrten zu einer Verfälschung der Messergebnisse kommen kann, weil durch die gleichen Telefonoberflächen Lerneffekte entstehen, ist nicht zu erwarten. Zum einen ist die Aufgabe per se sehr einfach und intuitiv zu bedienen. Zum anderen wird bei den Versuchsaufgaben der Einfluss der verspäteten Rückmeldung auf die Ablenkung untersucht. Die Warm-Up Aufgabe reagiert jedoch nicht träge, so dass der Proband bei den eigentlichen Versuchen von der säumigen Reaktion des Telefons überrascht werden wird. Die Aufgaben „Klangeinstellung“ und „Temperatur verstellen“ ähneln der Telefonaufgabe und erläutern auf einfache Art wie man schrittweise in immer tiefere Menüebenen vordringen kann. Auch werden damit die speziellen Oberflächen für die Klangeinstellung oder Temperatur vorgestellt. Mit der Aufgabe „Texteingabe“ wird den Versuchspersonen die Eingabe von Text vermittelt. Dies wird für die Bearbeitung der SMS-Aufgabe benötigt. Die Oberfläche für die Texteingabe ist aus der SMS-Aufgabe übernommen. Die Abfolge der Menüebenen sowohl bei der Warm-Up- als auch bei der SMS-Aufgabe kann dagegen nicht miteinander verglichen werden. Die Erklärung des Funktionsprinzips eines Navigationssystems erfolgt mit Hilfe der Warm-Up Aufgabe „einfaches Navigationssystem“. Diese Nachbildung ist eine stark vereinfachte Version des systemergonomisch guten Navigationssystems aus den Versuchsaufgaben. Damit soll das Verstellen der Hausnummer und der Routenwahl prinzipiell erläutert werden. Daher beschränkt sich dieses einfache System auf nur wenige Oberflächen. In der späteren SMS-Aufgabe wird einmal ein sequentieller Schritt simultan dargestellt. Dafür bedarf es einer besonders gestalteten Menüebene, die über zwei Verstellkreise verfügt (vgl. Abbildung 4-9). Diese ist im Warm-Up bei der Aufgabe „Fotoalbum“ nachempfunden. Die Versuchsperson wird aufgefordert im Fotoalbum ein bestimmtes Bild anzusehen und lernt auf diesem Weg die Funktionsweise der speziellen SMS-Oberfläche kennen. Das im Warm-Up verbaute Radio ist eine genaue Kopie des Radios der später gestellten Versuchsaufgaben. Nur die Anzahl und Abfolge möglicher Sender ist im Warm-Up stark vereinfacht. Vorversuche haben gezeigt, dass zum Verständnis der Radioaufgaben diese ausführlich erklärt werden müssen, um die Versuchspersonen mit allen Besonderheiten des Radios vertraut zu machen. Ein die Versuchsergebnisse beeinflussender Lerneffekt, ist in Anbetracht der teilweise sehr schwierigen Bedienung nicht zu erwarten. Nach Bearbeitung der Radioaufgaben im Warm-Up sind dem Benutzer zwar die Systemfunktionen bekannt, aber ein Aufruf dieser erfordert zu diesem Zeitpunkt noch immer einen großen kognitiven Aufwand.

Das Warm-Up stellt demzufolge eine eigene Menüstruktur dar, mit der den Versuchspersonen eine Einführung in das bei den Versuchsfahrten zu bedienende System gegeben wird. Die sieben Aufgaben sind so gestaltet, dass mit dem Warm-Up zwar die Funktionsweise des LfE-Cruise vermittelt wird, den Versuchspersonen aber keine speziellen Bedienabfolgen antrainiert werden.

### **5.3 Messdatenerfassung**

Mit Hilfe subjektiver Einschätzungen durch die Versuchspersonen und objektiver Messdaten sollen die aufgestellten Hypothesen überprüft werden. Dieses Unterkapitel listet die zur Erfassung dieser Messwerte notwendigen Messsysteme

auf. Dafür werden die jeweiligen Messmethoden und die damit bestimmten Messgrößen beschrieben. Der Einbau der Messinstrumente in den Versuchsträger wird am Ende des Abschnitts erläutert.

Zur Ermittlung der Einschätzung durch die Probanden stehen drei Arten von Fragebögen zur Verfügung. Zur Messung der objektiven Daten werden eine Tachometerabtastung, ein Spurhaltebewertungsverfahren, ein automatisches Bedienprotokoll und ein Blickerfassungssystem verwendet.

Die Versuchsteilnehmerdaten und die subjektive Beurteilung der Versuchsaufgaben durch die Teilnehmer werden mit Hilfe von drei Fragebögen erfasst. Der erste Fragebogen wird zu Beginn der Versuche vorgelegt. Hier werden Angaben zur Person, zur Fahrerfahrung, zur Erfahrung mit technischen Systemen und zur aktuellen Gefühlslage nachgefragt. Der zweite Fragebogen wird während der Versuchsfahrt gestellt. Der Fahrer muss dabei für jede gestellte Aufgabe einen Block von vier Fragen beantworten. Diese lauten im Einzelnen:

- „Sie konnten die Aufgabe leicht lösen.“
- „Sie konnten die Spur gut halten.“
- „Sie konnten die Straße gut im Auge behalten.“
- „Sie konnten sich auf das Fahren gut konzentrieren.“

Die Versuchsperson soll damit ihren subjektiven Eindruck von der Aufgabe zum Ausdruck bringen. Bei der ersten Frage wird die Schwierigkeit der gestellten Aufgabe abgefragt und zielt damit auf die Hypothese Sub\_1 ab. Die restlichen drei Fragen, bei denen die Probanden ihre Fahrleistung bewerten sollen, dienen der Überprüfung der Annahme Sub\_2. Von Interesse ist hierbei die Beurteilung der eigenen Spurhaltung, Blickabwendung und Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe während der Bedienung der tertiären Aufgabe. Nachdem die Fragen während der Fahrt vorgelesen und vom Probanden mündlich beantwortet werden, müssen diese sowohl einfach als auch gut verständlich formuliert sein. Zur einfachen Beantwortung wird der Versuchsperson eine sechsstufige Skala vorgegeben, die an das Schulnotensystem erinnert. Die Erfahrung während der Versuche hat gezeigt, dass sich sehr schnell ein entsprechendes inneres Modell beim Fahrer bildet und die Fragen somit während der Fahrt mühelos zu beantworten sind. Um dieses innere Modell schneller entstehen zu lassen, werden die vier Fragen bereits beim Warm-Up vorgestellt und mit den Übungsaufgaben antrainiert. Der dritte Fragebogen schließt die Versuchsfahrt ab. Hier sind erneut Angaben zur Gefühlslage, zur Versuchsdurchführung und den gestellten Versuchsaufgaben von Interesse.

Bei den Erläuterungen zur Ablenkung (vgl. Kapitel 2.2) wird bereits darauf hingewiesen, dass eine Ablenkung des Fahrers über menschliche Fehler oder menschliche Handlungen indirekt messbar ist. Diese Fehler oder Handlungen können sowohl unmittelbar an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine oder mittelbar am Arbeitsergebnis erfasst werden. Ein Teil des Arbeitsergebnisses ist die gefahrene Geschwindigkeit. Es ist zu erwarten, dass das Ergebnis der Längsregelung leidet, wenn durch die schwere Bedienung der Nebenaufgabe kognitive Ressourcen von der Hauptaufgabe „Fahrzeug führen“ abgezogen werden. Dies kann sich in Form einer Geschwindigkeitsänderung oder ungewöhnlichen Längsbeschleunigung ausdrücken. Es bieten sich unterschiedliche Quellen zur Erfassung der gefahrenen Geschwindigkeit an. Die vom Fahrzeug gemessenen

Geschwindigkeitsdaten über den fahrzeuginternen Daten-Bus, dem so genannten CAN-Bus, auszulesen wäre die effektivste Messmethode. Aus messtechnischen Gründen steht jedoch diese Quelle nicht zur Verfügung. Daher wird die Geschwindigkeit direkt über das Tachosignal eingelesen. Der Tachometer des E46 verfügt über ein Ausgangssignal, das an das Radio zur geschwindigkeitsabhängigen Lautstärkenregelung angeschlossen werden kann. Mit Hilfe eines eigenen Messrechners und der Software LabView 6.02 der Firma National Instruments wird das analoge Signal kalibriert und erfasst. Das Signal ist jedoch stark verrauscht und muss mit Hilfe eines geeigneten Filters aufbereitet werden.

Straßentyp	Begrenzungslinie	
	Links	Rechts
<b>Enge Straße ohne Markierung</b>	Straßenbegrenzung	Straßenbegrenzung
<b>Breite Straße ohne Markierung</b>	Gedachte Mittellinie (Die Versuchsperson ist angewiesen sich rechts zu halten)	Straßenbegrenzung
<b>Breite Straße mit Markierung</b>	Mittelstreifen	Straßenbegrenzung

*Tabelle 5-1: Zusammenstellung der Definition der Begrenzungslinien zur Bestimmung eines Spurfehlers*

Nicht nur die Längsregelung, sondern auch die Querregelung kann durch die Verlagerung der kognitiven Ressourcen beeinflusst werden. Daher werden die vom Fahrer gemachten Spurfehler vom mitfahrenden Versuchsbegleiter mitprotokolliert. Damit eine objektive Vergleichbarkeit der Spurfehler möglich ist, wird dieser wie folgt definiert: *Ein Spurfehler tritt auf, wenn die Versuchsperson ruckartig am Lenkrad reißt oder eine reale oder gedachte linke bzw. rechte Begrenzungslinie nicht willentlich überfährt.* Die Definition der Begrenzungslinien ist in Tabelle 5-1 abhängig vom Straßentyp zusammengestellt.

Auch die Bedienung des LfE-Cruise wird protokolliert. Alle mit dem LfE-Cruise durchgeführten Bedienschritte werden automatisch in ein Protokoll geschrieben und können entsprechend ausgewertet werden. Dafür bieten sich im speziellen vier Kenngrößen an. Erstens kann mit der *Bediendauer* die verstrichene Zeit von Beginn einer definierten Bedienung bis zum Erreichen eines bestimmten Ziels bestimmt werden. Ist zu ermitteln, ob der Anwender über einen für die erfolgreiche Ausführung notwendigen Menüpunkt mit dem Dreh-Drücksteller hinausdreht, bietet sich die Kenngröße *Überdrehen* an. Diese misst den Wechsel der Drehrichtung innerhalb einer Menüebene. Mit dem Parameter *falsche Menüauswahl* wird die irrtümliche Selektion einer Menüoption registriert. Zuletzt ergibt die Kenngröße *Bedienfehlerquotient* ein Maß für die fehlerfreie Bedienung einer Aufgabe innerhalb eines frei zu definierenden Bedienabschnitts. Dafür wird die Anzahl der von der Versuchsperson gemachten Bedienschritte durch die notwendige Mindestanzahl an Bedienschritten geteilt. Der Bedienfehlerquotient ergibt den Wert eins, wenn keine unnötigen Bedienschritte durchgeführt werden. Je mehr der Quotient größer eins ist, desto mehr Fehler werden bei der Bedienung gemacht. Dabei gehen ein Überdrehen oder das Auswählen einer falschen Menüebene in den Bedienfehlerquotienten genauso ein, wie das Herumirren in einem falschen Menüweig.





Abbildung 5-4: Versuchsperson mit JANUS-Helm im Versuchsfahrzeug. JANUS verfügt über zwei Kameras, mit denen die Blickrichtung des Probanden bestimmt werden kann.

Schließlich wird die Blickbewegung des Fahrers mittels des am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München entwickelten Blicherfassungssystems JANUS gemessen. Das JANUS-System besteht aus einem leichten Helm mit zwei kleinen Videokameras. Mit der montierten Farbkamera wird die Blickrichtung der Versuchsperson aufgezeichnet. Eine s/w Kamera filmt die Augenbewegung des rechten Auges über einen Strahlteiler. Eine Versuchsperson mit aufgesetztem Helm im Versuchsfahrzeug ist in Abbildung 5-4 abgelichtet. Die beiden getrennt aufgenommen Videobänder werden mit einem Blitzsignal synchronisiert und im Labor zu einem Blickfilm überlagert. Mit diesem kann die Blickrichtung des Probanden bestimmt werden, da die Pupille im Blickfilm über dem betrachteten Bildelement liegt. JANUS hat sich bei vielen Versuchen im Kraftfahrzeug sehr bewährt. Die Stärke des Systems liegt vor allem in der Robustheit gegenüber Störlicht, wie es häufig im Auto vorkommen kann. Allerdings ist die bei der Betrachtung von sehr nahen Elementen zu erzielende Auflösung nicht ausreichend, um eindeutig unterscheiden zu können, welcher Menüpunkt auf dem Display von der Versuchsperson betrachtet wird. Für die Auswertung der Blickdaten ist es notwendig, so genannte *Areas-of-interest* (AOI) zu definieren, um die gemessenen Blicke kategorisieren zu können. Als AOI werden das Display, die Verkehrssituation und der Tachometer festgelegt. Blicke in den Rückspiegel werden ebenfalls der Verkehrssituation zugeordnet. In Verbindung mit der Blicherfassung und den AOIs können die fünf Kenngrößen *Blickzahl*  $n$ , *kumulierte Blickdauer*  $BD$ , *durchschnittliche Blickdauer*  $BD_{avg}$ , *minimale Blickdauer*  $BD_{min}$  oder *maximale Blickdauer*  $BD_{max}$  bestimmt werden. Die Blickzahl  $n$  entspricht der Anzahl der Blicke auf ein AOI für einen zu definierenden Zeitraum. Die kumulierte Blickdauer  $BD$  ist die Summe der einzelnen Blickdauern  $BD_i$  auf ein AOI im betrachteten Zeitabschnitt. Die durchschnittliche Blickdauer  $BD_{avg}$  berechnet sich aus der kumulierten Blickdauer dividiert durch die Blickzahl. Die kürzeste Blickdauer auf ein AOI innerhalb eines festgelegten Zeitraums entspricht der minimalen Blickdauer  $BD_{min}$ . Analog dazu ist die maximale Blickdauer  $BD_{max}$  definiert. Zur Bestimmung der Ablenkung sind im Wesentlichen die drei Kenngrößen kumulierte, maximale und durchschnittliche Blickdauer bezogen auf das Display von Interesse. Damit wird bestimmt, wie lange

der Fahrer insgesamt, maximal und im Schnitt pro gestellter tertiärer Aufgabe seine Aufmerksamkeit von dem Verkehrsgeschehen abwendet.



*Abbildung 5-5: Einbau der Videoaufzeichnungsgeräte des JANUS-Systems und der Steuerungsgeräte für das LfE-Cruise auf der Rückbank des Versuchsfahrzeugs. Mit dem innen eingebauten Rückspiegel kann der Versuchsbegleiter den nachfolgenden Verkehr im Auge behalten. Der JANUS-Helm ist zum Transport aufgehängt.*



*Abbildung 5-6: Einbau der Messcomputer im Kofferraum. Rechts und links sind die elektrischen Einbauten zu erkennen, die auch bei einem abgestellten Motor noch die Stromversorgung sichern.*

Die zur Erfassung der Messdaten notwendige Messausrüstung wird auf der Rückbank und im Kofferraum des Versuchsfahrzeugs verbaut. Hierbei sind vier Grundsätze zu beachten. Erstens soll, soweit es mit dem Messhelm möglich ist, für die Versuchsperson eine normale Fahrsituation geschaffen werden. Eine Beeinflussung der Probanden durch die Messinstrumente ist weitgehend zu vermeiden. Zweitens müssen die Messsysteme gegen Verrutschen gesichert sein, damit von diesen bei einer Vollbremsung oder einem Unfall keine Gefahr ausgehen kann. Drittens ist die Messausrüstung für den Versuchsbegleiter ergonomisch anzuordnen, damit er sich uneingeschränkt auf die Versuchsperson konzentrieren kann und eine gleich bleibend gute Messdatenerfassung gewährleistet ist. Viertens



muss für eine konstante Stromversorgung der Messgeräte gesorgt werden. Durch einen abgestellten Motor darf es zu keinen Systemabstürzen während der Versuchsfahrten kommen. Mittels einer zweiten Autobatterie und einer geeigneten elektrischen Schaltung ist die Stromversorgung dauerhaft sichergestellt. Abbildung 5-5 und Abbildung 5-6 zeigen die im Fahrzeug verbauten Messgeräte.

Abschließend ist festzuhalten, dass neben den Fragebogendaten die gefahrene Geschwindigkeit, die Spurtreue, die Bedienung des LfE-Cruises und die Blickdaten erfasst werden. Die Bedienung und das Blickverhalten werden mit speziellen Kenngrößen detaillierter beschrieben. Als AOIs für die Blickuntersuchung sind die Bereiche Display, Verkehrssituation und Tachometer definiert. Zur Bestimmung der Ablenkung ist dabei der Blick auf das Display von Hauptinteresse. Die notwendige Messausrüstung ist auf der Rücksitzbank und im Kofferraum des Versuchsträgers montiert.

## 5.4 Versuchspersonenkollektiv

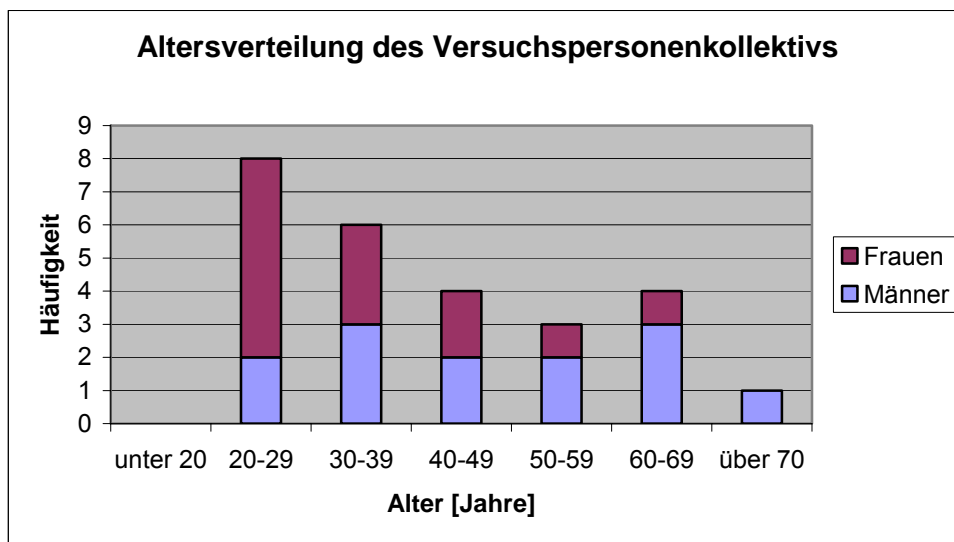


Abbildung 5-7: Altersverteilung des Versuchspersonenkollektivs

Die Zusammenstellung des Versuchspersonenkollektivs ist Gegenstand dieses Abschnittes. Das Kollektiv umfasst insgesamt 26 Probanden, wobei die Anzahl von Männern und Frauen genau gleich ist. Die Altersverteilung der Versuchsteilnehmer kann der Abbildung 5-7 entnommen werden. Das Altersspektrum reicht von 21 bis 77 Jahren und beträgt bei einer Standardabweichung von 16,2 Jahren im Mittel 40,8 Jahre.

Die Versuchspersonen sind aus dem Bekannten und Verwandtenkreis der an der Versuchsdurchführung Beteiligten rekrutiert. Dadurch ist gewährleistet, dass auch Personengruppen herangezogen werden, die sich normalerweise für Fahrversuche nicht zur Verfügung stellen. Gleichzeitig zeichnet sich dieses Versuchspersonenkollektiv durch eine hohe Motivation aus. Über die genauen Hintergründe der Versuchsfahrten und des Versuchsdesigns bleiben die Teilnehmer uninformiert. Sie werden nur darauf hingewiesen, dass unterschiedliche Systemausprägungen hinsichtlich der Bedienbarkeit getestet werden und ihre

persönlichen Fahrleistungen nicht auf dem Prüfstand stehen. Als Ausgleich bekommen die Versuchspersonen ein Honorar von € 30,- ausbezahlt.

Die Fahrerfahrung und Erfahrung mit technischen Geräten ist gleichmäßig verteilt. Mit Automatikgetriebe sind bereits fünfzehn Personen gefahren. Die restlichen Teilnehmer kommen nach einer kurzen Gewöhnungsfahrt gut damit zurecht. Bis auf einen Versuchsteilnehmer handelt es sich bei allen um Rechtshänder. Der einzige Linkshänder hat aber keine Schwierigkeiten den Dreh-Drücksteller zu bedienen.

Abschließend kann somit festgehalten werden, dass es sich bei dem beteiligten Versuchspersonenkollektiv um einen gleichmäßigen Querschnitt von Autofahrern handelt.

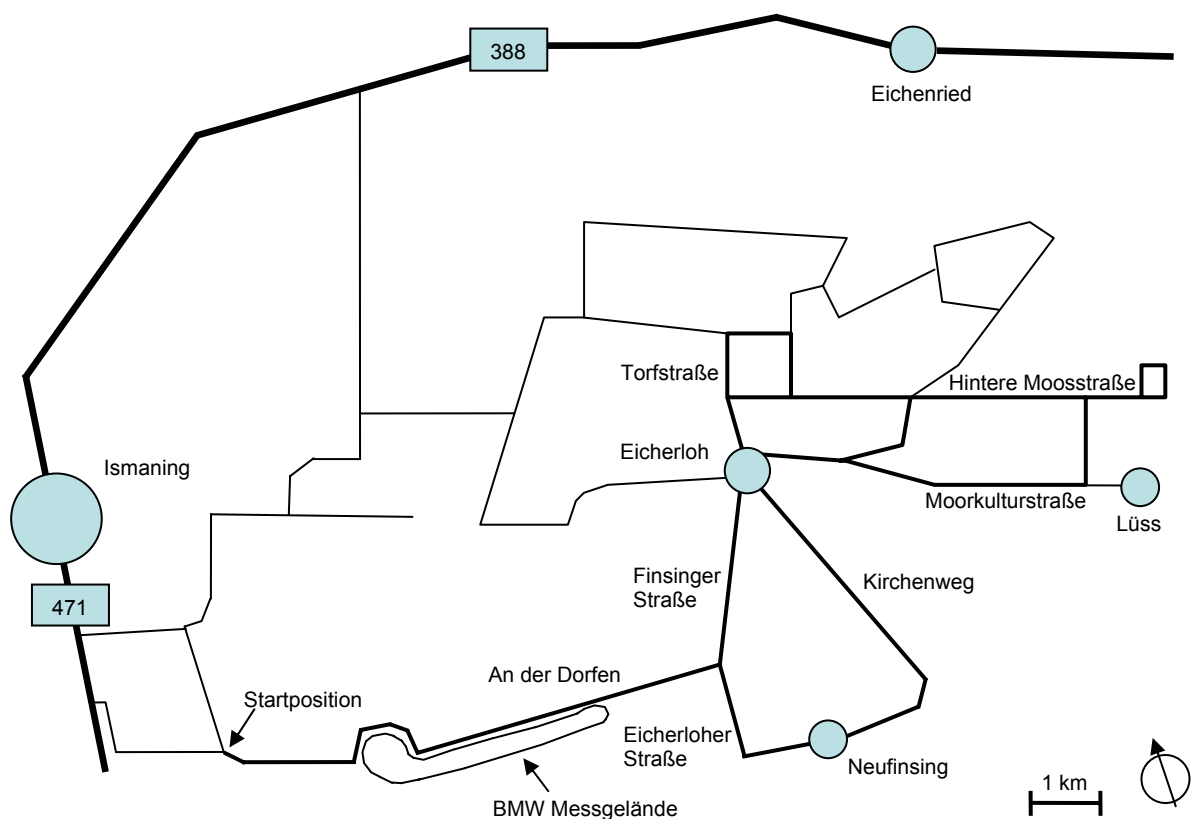
## 5.5 Versuchsstrecke

An die Versuchsstrecke werden im Wesentlichen vier Hauptanforderungen gestellt, aus denen zwölf weitere Einzelanforderungen resultieren. Diese Forderungen werden im Anschluss näher erläutert. Die diesbezüglich gewählte Strecke wird am Ende schematisch dargestellt.

Folgende vier Hauptanforderungen sind bei der Auswahl der Versuchsstrecke zu berücksichtigen. Erstens müssen die Streckenabschnitte, auf denen die Versuchsaufgaben zu bearbeiten sind, in ihrer Beschaffenheit zueinander sehr ähnlich sein, damit die Messdaten miteinander vergleichbar sind. Zweitens muss die Versuchsstrecke das potenzielle Unfallrisiko auf ein akzeptables Mindestmaß reduzieren. Drittens darf die gestellte Fahraufgabe nicht zu einfach sein, soll aber gleichzeitig den Fahrer in Verbindung mit der gestellten Zusatzaufgabe nicht überfordern. Schließlich muss die Versuchsstrecke die Durchführung der Versuchsreihe technisch unterstützen und beispielsweise leicht erreichbar sein.

Basierend auf diesen vier Punkten können folgende zwölf Einzelanforderungen abgeleitet werden. Die Versuchsstrecke soll erstens möglichst nur aus geraden Streckenabschnitten bestehen. Sollten Kurven auf der Route vorkommen, müssen diese zweitens lang gezogen und gut einsehbar sein. Drittens dürfen nur Vorfahrtsstraßen befahren werden. Viertens sind Streckenabschnitte normaler Fahrbahnbreite zu fordern. Damit bieten die Abschnitte einen ausreichenden Sicherheitsbereich für auftretende Spurfehler und erleichtern das detektieren dieser Abweichungen. Die Straße muss fünftens eine mindestens gute Fahrbahnbeschaffenheit aufweisen. Ein unruhiger Asphalt erschwert das Bedienen des Dreh-Drückstellers und birgt die Gefahr in sich, dass die Messsysteme Schaden nehmen. Die sechste Einzelanforderung verlangt wenig Verkehr auf den Streckenabschnitten aus drei Gründen. Zum einen stellen Gegen- und Mitverkehr für die Versuchsperson eine zusätzliche Ablenkung dar. Zum anderen wird damit die Vergleichbarkeit der Daten erschwert. Außerdem wird das Unfallrisiko durch den Zusatzverkehr erhöht. Auf Ortsdurchfahrten ist siebtens weitgehend zu verzichten. Auf Grund der erhöhten Populationsdichte und des verstärkten Verkehrsaufkommens stellen diese eine gesteigerte Unfallgefahr dar. Achters dürfen keine Wohnhäuser am Straßenrand stehen. Ähnlich wie bei Ortsdurchfahrten ist zu befürchten, dass wegen der erzwungenen Ablenkung durch die Versuchsaufgaben Personen übersehen werden, die auf die Fahrbahn laufen. Neuntens müssen die Verbindungen zwischen den einzelnen Streckenabschnitten, auf denen die Aufgaben getestet werden, die Versuchsdurchführung unterstützen. Das bedeutet, sie dürfen nicht zu lang sein, um keine Versuchszeit zu verschwenden. Gleichzeitig sollte bei diesen

Verbindungen bevorzugt nach Rechts abgebogen werden. Beim Linksabbiegen ist ein extremer Schulterblick notwendig, durch den der Messhelm verrutschen könnte. Eine mögliche Verfälschung der Blickmessung wäre die Folge. Zehntens hat die Versuchsstrecke insgesamt nahe am Ausgangspunkt zu liegen, um unnötige Anfahrtszeiten zu vermeiden. Elftens sind ausreichend lange Streckenabschnitte notwendig, auf denen langwierige Versuchsaufgaben bei einer durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeit von 50 km/h bedient werden können. Zuletzt schließt die zwölfte Anforderung Versuchsfahrten auf der Autobahn, im Stadtverkehr oder auf ausgebauten Landstraßen aus Sicherheitsgründen aus. Für die Ergebnisse stellt die Versuchsdurchführung auf einfachen Landstraßen keinen Nachteil dar. Es genügt, wenn der Fahrer mit einer Fahraufgabe belastet wird, die eine ausreichende Anzahl von Ressourcen bindet, so dass eine Ablenkung zu messen ist, ohne das Unfallrisiko unnötig zu erhöhen.



**Abbildung 5-8:** Schematische Darstellung der Versuchsstrecke, die östlich von Ismaning liegt. Auf den dick gezeichneten Streckenabschnitten rund um Eicherloh werden die Versuchsaufgaben gestellt.

Die gewählte Versuchsstrecke ist in Abbildung 5-8 schematisch dargestellt. Diese befindet sich im Erdinger Moos östlich von Ismaning und erfüllt alle gestellten Anforderungen ideal. Alle Streckenabschnitte ähneln sich sehr, so dass die erfassten Messdaten miteinander vergleichbar sind. Die ausgewählten Straßen sind kaum befahren und die Umgebung ist dünn besiedelt, so dass kein erhöhtes Unfallrisiko herrscht. Die durch die Streckeneigenschaften an den Fahrer gestellte Fahraufgabe kann als normal schwer eingestuft werden. Insgesamt liegt die Strecke etwa fünfzehn

Autominuten vom Ausgangspunkt der Versuchsfahrten entfernt. Eine Distanz, die in ausreichender Zeit zurückgelegt werden kann aber ebenso genügend Gelegenheit bietet, den Probanden an das Fahrzeug und den Messhelm zu gewöhnen. Die in der Karte (vgl. Abbildung 5-8) dick hervorgehobenen Strecken um Eicherloh und Neufinsing stellen die verwendeten Straßen dar. In dem gering bewohnten Gebiet handelt es sich insgesamt um einfache, normal ausgebaute Landstraßen mit überwiegend landwirtschaftlichem Verkehr mit guter bis sehr guter Fahrbahnbeschaffenheit. Der Großteil der Streckenabschnitte verfügt über keine Fahrbahnmarkierung. Das Gebiet ist gekennzeichnet durch absolut gerade Streckenabschnitte mit fast sechs Kilometern Länge. Die dabei selten vorkommenden Kreuzungen gewähren den Versuchsfahrern stets Vorfahrt und eine gute Straßeneinsicht.

Die einzelnen Streckenabschnitte werden pro Versuchsperson mehrfach verwendet. Eine Störung der Ergebnisse auf Grund von auftretenden Lerneffekten ist hierbei nicht zu erwarten. Vorversuche haben gezeigt, dass durch die Bearbeitung der Versuchsaufgaben Streckendetails nur am Rande wahrgenommen werden und die Probanden sich nicht erinnern können, ob der Streckenabschnitt bereits befahren worden ist. Die Reihenfolge der befahrenen Streckenabschnitte wird, soweit es technisch möglich ist, zusätzlich permutiert. Eine genaue Beschreibung des Versuchsablaufs befindet sich im nächsten Unterkapitel.

## 5.6 Versuchsablauf

Die Versuche werden im Zeitraum vom 29.05.2003 bis zum 16.06.2003 gefahren. An allen Versuchstagen herrscht sonniges Wetter mit etwa gleich starkem Verkehrsaufkommen. Die Versuchsfahrten können daher unter dem Aspekt der äußeren Bedingungen ohne Einschränkungen verglichen werden. Der Versuchsablauf kann im Ganzen in die sechs Abschnitte Begrüßung, Eingangsfragebogen, Systemeinführung, Gewöhnungsfahrt, Versuchsfahrt und Abschlussfragebogen untergliedert werden. Diese sind nachfolgend ausführlich erläutert.

Zu Beginn einer Versuchsfahrt steht die Begrüßung der Versuchsperson. Es erfolgt eine kurze Einführung in den Zweck der Versuche. Hierbei wird der Proband darauf hingewiesen, dass nicht der Teilnehmer selbst sondern die unterschiedlichen Ausprägungen verschiedener technischer Systeme auf dem Prüfstand stehen. Des Weiteren wird der Fahrer aufgeklärt, dass die Sicherheit immer im Vordergrund steht. Sollte eine Aufgabe dem Probanden als zu schwer oder gefährlich erscheinen, kann diese jederzeit abgebrochen werden. Es besteht niemals der Zwang, eine gestellte Versuchsaufgabe zu Ende bringen zu müssen.

Nachdem vom Fahrer der Besitz eines gültigen Führerscheins bestätigt ist und keine Fragen zu den allgemeinen Versuchsbedingungen mehr bestehen, wird der Eingangsfragebogen vorgelegt. Hier werden Angaben zur Person, Fahrerfahrung, Erfahrung mit technischen Systemen und augenblicklichen Gefühlslage erfragt.

Als nächstes erhält der Teilnehmer eine ausführliche Einführung in das System. Es wird das Versuchsfahrzeug mit allen Messeinrichtungen vorgestellt und die Bedienung des Fahrzeugs beschrieben. Der Fahrer wird aufgefordert, Sitz, Lenkrad, Rückspiegel und die Bedieneinheit des LfE-Cruises auf seine Bedürfnisse einzustellen. Nach diesen Anpassungen wird das Funktionsprinzip des LfE-Cruises mit Hilfe des Warm-Ups erklärt. Dabei wird ein Lernen durch Handeln verfolgt und

die Versuchsperson aufgefordert, selbständig das System zu bedienen. Ist das Prinzip der Menüstruktur verstanden, werden exemplarisch für die späteren Versuchsaufgaben zehn Aufgaben mit dem Warm-Up im Stand durchgespielt. In diesem Zusammenhang müssen auch die vier Fragen zur Aufgabe beantwortet werden, um ein entsprechendes inneres Model für die Fragestellung und vorhandene Antwortskala aufzubauen. Das Aufsetzen des JANUS-Helms und Anpassen der beiden Kameras schließen den zweiten Versuchsabschnitt ab.

Die Gewöhnungsfahrt findet auf dem Weg zur Versuchsstrecke statt. Ziel ist es, den Probanden an den JANUS-Helm und das Fahrzeug zu gewöhnen. Eine Bedienung des LfE-Cruise ist zu diesem Zeitpunkt nicht vorgesehen.

Am Startpunkt der Versuchsstrecke angekommen, beginnt die eigentliche Versuchsfahrt. Als erstes wird der JANUS-Helm kalibriert und zufällig eine der beiden Menüstrukturen im Stand geladen. Sind alle Messsysteme gestartet, wird die Fahrt begonnen. Auf den einzelnen Streckenabschnitten werden der Versuchsperson die Versuchsaufgaben in einer permutierten Reihenfolge gestellt. Die Aufgabenstellung und die Aufgabenausführung folgen hierbei immer einem gleichen Schema. Ist ein ausreichend langer Versuchsstreckenabschnitt erreicht und die Strecke frei, liest der Versuchsbegleiter die Aufgabenstellung laut und deutlich vor. Während des Vorlesens darf die Versuchsperson noch nicht mit der Aufgabe beginnen. Anschließend ertönt als Startzeichen für die Bearbeitung vom System ein „Bitte!“. Die Versuchsperson muss allerdings nicht sofort bei diesem Signal mit der Aufgabenbearbeitung anfangen, sondern kann die Bedienschritte vorüberlegen oder bei Verkehr einen besseren Zeitpunkt abwarten. Treten Probleme bei der Erfüllung der Aufgabenstellung auf, gibt die Versuchsbegleitung nur eingeschränkt eine Hilfestellung. Wird ein Teil der Aufgabenformulierung, wie etwa die zu wählende Telefonnummer, vergessen, wird dieser vom Versuchsbegleiter wiederholt. Die notwendigen Bedienschritte werden dagegen nicht verraten. Spurfehler, die parallel zur Bearbeitung der Versuchsaufgabe auftreten, werden von der Versuchsbegleitung mitprotokolliert. Sobald das Aufgabenziel durch die Versuchsperson erreicht ist, erklingt vom System ein „Danke!“ und das Menü springt automatisch zur obersten Menüebene zurück. Im Anschluss muss jede Aufgabe mit den vorgestellten vier Fragen von der Versuchsperson bewertet werden. Erklärt die Versuchsperson die Aufgabe als zu schwierig und nicht lösbar, wird die Aufgabe abgebrochen und als ungelöst im Versuchsprotokoll vermerkt. Eine Bewertung der Aufgabe durch den Probanden ist in diesem Fall dennoch erforderlich. Schließlich hält der Versuchsbegleiter im Protokoll fest, ob freier Verkehr vorherrschte, eine Hilfestellung gegeben wurde oder sonstige Besonderheiten aufgetreten sind. Ist die erste Menüstruktur abgearbeitet, wird bei stehendem Fahrzeug der Janushelm nachkalibriert und die übrig gebliebene Menüstruktur geladen. Wieder werden die Aufgaben nach dem gleichen Schema gestellt und durch die Versuchsperson bewertet. Während der gesamten Versuchsfahrt überwacht die Versuchsbegleitung parallel die Verkehrssituation und weist den Fahrer auf mögliche Gefahren hin. Nähert sich unbemerkt ein anderes Fahrzeug, wird der Fahrer durch: *„Auf den Verkehr achten!“* gewarnt. Bei einer Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit gibt es ein: *„Auf die Höchstgeschwindigkeit achten!“*. Kommt es zu einem deutlichen und gefährlichen Spurfehler, wird die Versuchsperson mit *„Bitte die Spur halten!“* ermahnt. Insgesamt gilt für die Fahrten mit gleichzeitiger Bedienung einer Versuchsaufgabe aus Sicherheitsgründen die Geschwindigkeitsvorgabe von 50 km/h. Diese darf auf keinen Fall überschritten werden. Ein Unterschreiten ist

dagegen erlaubt. Gleichzeitig sind die Versuchspersonen bei breiten Straßen ohne Fahrbahnmarkierung aufgefordert, die Spur auf der rechten Seite der Straße zu halten.

Wurden alle Versuchsaufgaben mindestens einmal gestellt, sind die Versuchsfahrten abgeschlossen und enden mit der Rückkehr zum Ausgangspunkt. Hier muss vom Versuchsteilnehmer noch ein Abschlussfragebogen ausgefüllt werden, der nach der augenblicklichen Gefühlslage und den Eindrücken zur Versuchsdurchführung sowie zu den gestellten Aufgaben fragt. Am Ende wird der Versuchsperson die vorgesehene Vergütung ausbezahlt.

Insgesamt dauert die Versuchsdurchführung mit Begrüßung, Eingangsfragebogen, Systemeinführung, Gewöhnungsfahrt, Versuchsfahrt und Abschlussfragebogen im Schnitt etwa drei Stunden. Für alle Versuchsfahrten gilt, dass diese immer nach einem gleichen Schema ablaufen und die Sicherheit zu jedem Zeitpunkt im Vordergrund steht.

## **5.7 Statistische Auswertung**

Sind alle Versuchsfahrten durchgeführt und die Messwerte erfasst, müssen diese statistisch ausgewertet werden. Dafür sind zum einen die Datenaufbereitung und zum anderen die Datenanalyse notwendig. Bei der Datenaufbereitung müssen zuerst die ermittelten Werte zusammengefasst, synchronisiert und gefiltert werden, damit diese im zweiten Schritt bei der Datenanalyse hinsichtlich von Unterschieden zwischen verschiedenen Aufgabenausprägungen untersucht werden können. Beide Bereiche der statistischen Auswertung werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

### **5.7.1 Datenaufbereitung**

Mit der Datenaufbereitung sollen die Messwerte für eine statistische Auswertung vorbereitet werden. Die Datenaufbereitung umfasst zwei Bereiche. Einerseits werden die Antworten aus den Fragebögen zusammengefasst und andererseits werden die objektiven Messdaten synchronisiert, relevante Versuchsabschnitte extrahiert und der statistischen Analyse zugeführt.

Die Antworten der Fragebögen werden im ersten Schritt numerisch codiert und in Microsoft Excel 2002 übertragen. Hiermit können entsprechende Häufigkeitsverteilungen graphisch erstellt werden. Fragebögen, die offensichtlich ohne Motivation ausgefüllt worden sind und beispielsweise bei allen Fragen stets die gleichen Antworten aufweisen, gehen in die Datenauswertung nicht ein. Zur statistischen Analyse werden die Fragebogendaten in das Statistikprogramm SPSS für Windows 11.5 übertragen. Dieses Programm hat den Nachteil, für die Kennzeichnung einer Datenspalte nur acht Zeichen verarbeiten zu können. Deshalb müssen bei der Zusammenfassung der Fragebögen zur näheren Erklärung zusätzlich noch so genannte Wertelabels erstellt werden.

Weitaus umfangreicher stellt sich die Datenaufbereitung der objektiven Messdaten dar. Zu diesen Daten zählen die Messwerte aus dem Tachosignal, der Spurfehlerbeobachtung, dem Bedienprotokoll und dem Blickerfassungssystem. Wie bereits erwähnt, müssen für die statistische Auswertung die Daten synchronisiert und entscheidende Versuchsabschnitte extrahiert werden. Vor der genauen Erläuterung

der Datenaufbereitung der objektiven Messwerte, werden die möglichen Versuchsabschnitte näher beschrieben.

Sollen Aufgabenvarianten auf Unterschiede untersucht werden, ist es erforderlich drei Arten von Aufgabensequenzen zu definieren, die miteinander vergleichbar sind. Als erstes steht die Aufgabe per se. Diese entspricht der Sequenz ab der ersten Bedienung bis zur Erfüllung der Aufgabe. Als zweites können einzelne Aufgabenabschnitte miteinander verglichen werden. Diese Sequenzen umfassen den Moment ab erstmaliger Betätigung eines bestimmten Menüpunktes einer festgelegten Menüebene bis zur letzten Betätigung eines weiteren Menüpunktes oder bis zur Aufgabenerfüllung. Die kürzeste Sequenz bewegt sich schließlich innerhalb einer Menüebene und ist durch das Betreten und Verlassen dieser festgelegt. Je nach Aufgabentyp stehen unterschiedliche Aufgabensequenzen im Vordergrund. Die Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“, mit der der Einfluss unterschiedlich vieler sequentieller Schritte untersucht wird, verlangt nach der gesamten Betrachtung der Aufgabe. Bei den Bordcomputeraufgaben, die hinsichtlich einer simultanen und sequentiellen Bedienung differieren, ist die abschnittsweise Analyse notwendig, während bei Fragen zur Anzahl von simultanen Auswahlmöglichkeiten einzelne Menüebenen verglichen werden. Die Versuchsaufgabe „Temperatur verstellen (Typ1)“ ist dafür ein Beispiel.

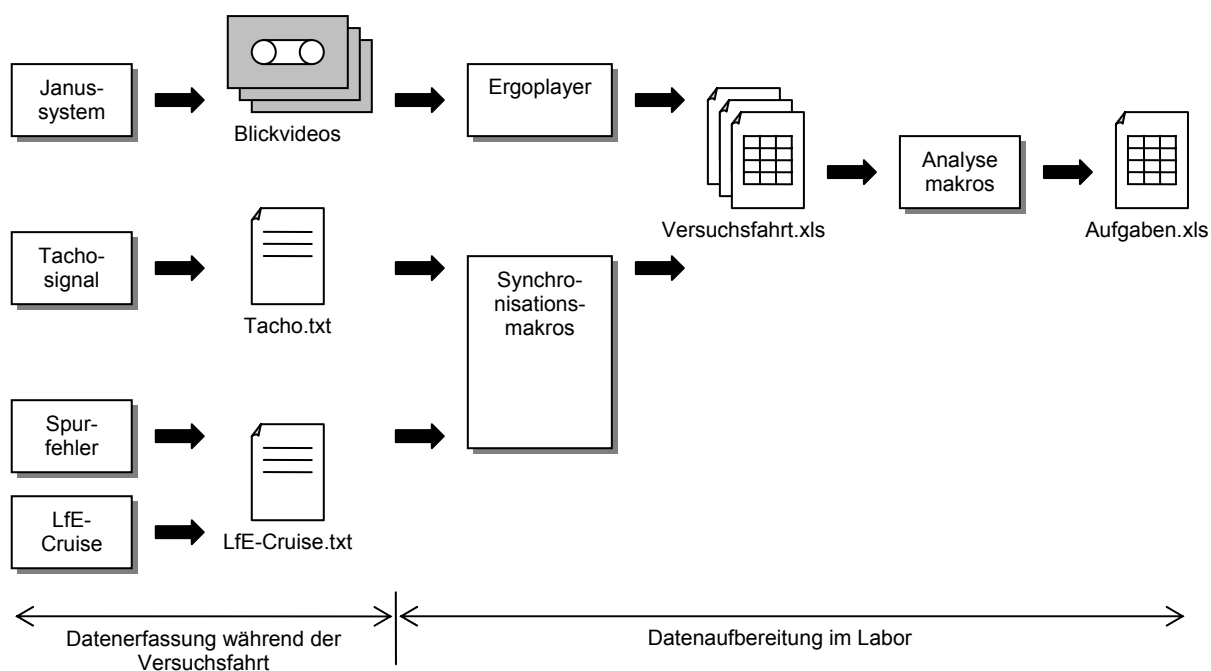


Abbildung 5-9: Schaubild zur Darstellung der Datenerfassung während der Versuchsfahrt und der anschließenden Datenaufbereitung im Labor

Abbildung 5-9 zeigt den Zusammenhang von Datenerfassung und anschließender Datenaufbereitung im Labor. Das Janusystem liefert Blickfilme auf denen die Pupillenbewegung und die Blickrichtung zu erkennen sind. Mit Hilfe der am LfE entwickelten Software Ergoplayer können diese Videos analysiert und die Blickbewegungen zeitlich vermessen werden. Die Werte dieser Analyse werden in eine Excel-Datei (Versuchsfahrt.xls) geschrieben. Das Tachosignal generiert eine eigene Textdatei (Tacho.txt). Die erfassten Spurfehler und die Bedienung des LfE-

Cruises werden in eine Protokolldatei in Textformat (LfE-Cruise.txt) aufgezeichnet. Mit Hilfe von Synchronisationsmakros, die auf Synchronisationssignale innerhalb der jeweiligen Messwerte zurückgreifen, können diese beiden Textdateien zu der mit dem Ergoplayer erstellten Excel-Datei hinzugefügt werden. Diese Datei enthält nun alle Messwerte einer Versuchsfahrt. Führt man diese Schritte für alle Versuchspersonen durch, ergibt sich ein Satz von Dateien mit allen Messwerten der Versuchsreihe. Im nächsten Schritt extrahieren Analysemakros aus allen Versuchsfahrtendateien die entsprechenden Aufgabensequenzen, berechnen die vorgesehenen Kenngrößen und schreiben diese in eine Aufgabendatei (Aufgaben.xls). In diese wird zusätzlich für jede Versuchsaufgabe und jeden Probanden mit Hilfe des Versuchsprotokolls vermerkt, ob die Aufgabe gelöst wurde, freie Fahrt herrschte oder eine Hilfestellung gegeben wurde.

Allgemein gehen von den Versuchspersonen nicht vollständig erfüllte Aufgaben in die spätere Auswertung nicht ein. Die so erstellte Aufgabendatei dient schließlich einerseits der Erstellung von Diagrammen mit Microsoft Excel 2002 und kann andererseits nach generieren geeigneter Wertelabels in das Statistikprogramm SPSS eingelesen werden. Beides sind Voraussetzungen für die statistische Datenanalyse.

### **5.7.2 Datenanalyse**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den statistischen Methoden zur Analyse der aufbereiteten Daten. Für die Auswertung werden Verfahren der deskriptiven Statistik und der Inferenzstatistik angewendet, die hier nur kurz erläutert werden können. Für genauere Angaben wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen (z.B. Bortz 1993).

Hinsichtlich der deskriptiven Statistik werden das arithmetische Mittel, Minimum, Maximum und die Standardabweichung bestimmt. Das arithmetische Mittel ( $\bar{x}$ ) ist die Summe aller Werte dividiert durch die Anzahl aller Werte. Minimum und Maximum sind die jeweils kleinsten und größten Werte einer Verteilung. Die Standardabweichung ( $s$ ) ist ein Maß zur Kennzeichnung der Variabilität einer Verteilung und ist der positive Wert der Quadratwurzel der Varianz ( $s^2$ ). Die Varianz berechnet sich aus der Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel, dividiert durch die Anzahl aller Messwerte. Für eine Normalverteilung gilt, dass zwischen den Werten  $\bar{x} + s$  und  $\bar{x} - s$  genau 68,26 % aller Fälle liegen.

Zum Verständnis der Inferenzstatistik wird knapp auf einige Grundbegriffe eingegangen, bevor die verwendeten Verfahren und die Bonferoni-Korrektur vorgestellt werden.

Zur Überprüfung einer Theorie sind Hypothesen zu formulieren. In der Statistik wird zwischen Unterschieds- und Zusammenhangshypothesen unterschieden. Unterschiedshypothesen werden im Allgemeinen mit Häufigkeits- bzw. mit Mittelwertsvergleichen und Zusammenhangshypothesen mit der Korrelationsrechnung geprüft. Bei den vorliegenden Daten beschränkt man sich auf die Unterschiedshypothesen. Ausgehend von den theoretischen Überlegungen kann eine Alternativhypothese  $H_1$  und passend dazu eine Nullhypothese  $H_0$  generiert werden. Ein Beispiel für eine Alternativhypothese wäre, dass sich die durchschnittlichen Bediendauern von zwei systemergonomisch unterschiedlich gut gestalteten Navigationssystemen bei der Gesamtpopulation unterscheiden. Die



passende Nullhypothese sagt aus, dass die Mittelwerte der beiden Systeme im Allgemeinen nicht differieren. Mathematisch lassen sich diese zwei Annahmen wie folgt formulieren:

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

Dabei entspricht  $\mu_1$  dem Mittelwert der Gesamtpopulation für die erste und  $\mu_2$  für die zweite Variante.

		Wirklichkeit	
		H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
Entscheidung auf Grund der Stichprobe zu Gunsten der:	H <sub>0</sub>	Richtige Entscheidung	β-Fehler
	H <sub>1</sub>	α-Fehler	Richtige Entscheidung

*Tabelle 5-2: α- und β-Fehler bei statistischen Entscheidungen*

Ausgehend von den gemachten Messungen kann man sich nun für eine dieser beiden Hypothesen entscheiden. Wie der Tabelle 5-2 zu entnehmen ist, können dabei zwei unterschiedliche Fehler gemacht werden. Entscheidet man sich für die Alternativhypothese  $H_1$ , obwohl in Wirklichkeit kein Unterschied vorhanden ist, begeht man einen  $\alpha$ -Fehler. Entschließt man sich dagegen für die Nullhypothese  $H_0$ , obgleich die Alternativhypothese korrekt ist, kommt es zu einem  $\beta$ -Fehler.

Mit der Irrtumswahrscheinlichkeit oder  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit wird die Wahrscheinlichkeit angegeben, sich für die Alternativhypothese zu entscheiden, obwohl in Wirklichkeit kein Unterschied vorherrscht. Um eine gewisse Vergleichbarkeit und Qualität statistisch abgesicherter Entscheidungen zu gewährleisten, ist es üblich eine Nullhypothese erst dann zu verwerfen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner oder gleich eines so genannten Signifikanzniveaus ist. Beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit einen Wert kleiner gleich 5 %, so wird das Ergebnis als signifikant bezeichnet. Liegt der Wert bei kleiner gleich 1 % ist das Ergebnis sehr signifikant. Für diese Untersuchung wird ein Signifikanzniveau von 5 % festgelegt.

Überschreitet die  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit das vorgegebene Signifikanzniveau, darf nicht ohne Einschränkung die Nullhypothese  $H_0$  als richtig angenommen werden. Nur bei einer ausreichend großen Irrtumswahrscheinlichkeit kann die Nullhypothese übernommen werden. Der  $\beta$ -Fehler beschreibt die irrtümliche Annahme der Nullhypothese, obwohl sie falsch ist. Dieser Fehler ist allerdings nicht unmittelbar rechnerisch bestimmbar, sondern muss mit Hilfe der  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit abgeschätzt werden. Bei Irrtumswahrscheinlichkeiten über 25 % kann davon ausgegangen werden, dass die korrespondierende Wahrscheinlichkeit eines  $\beta$ -Fehlers geringer als 5 % ist. In diesem Fall darf die Nullhypothese nicht verworfen werden. Genau genommen bedeutet dies allerdings nicht, dass sie richtig ist. Für den verbleibenden  $\alpha$ -Fehlerbereich zwischen 5 % und 25 % sind keine statistisch abgesicherten Aussagen zu treffen.

Schließlich kann zwischen verbundenen und unverbundenen bzw. abhängigen und unabhängigen Stichproben unterschieden werden. Unter einer Stichprobe versteht man in der Inferenzstatistik eine Teilmenge aus einer Population. Handelt es sich um

zwei Stichproben, die aus verschiedenen Personen bestehen, so sind diese unverbunden. Bei verbundenen Stichproben handelt es sich dagegen um die gleiche Personengruppe. In diesem Fall sind signifikante Veränderungen leichter nachzuweisen, weil Varianzen zwischen den Versuchspersonen statistisch herausgerechnet werden.

Die Wahl der Verfahren zur Überprüfung der Unterschiedshypothesen hängt von dem Skalenniveau der Messwerte und der Anzahl der zu vergleichenden Aufgabenvarianten ab.

Das Skalenniveau kann nach Nominalskala, Ordinalskala, Intervallskala oder Verhältnisskala unterschieden werden. Bei der Nominalskala liegen Daten in Form qualitativer Ausprägung einer Eigenschaft vor. Ein Exempel hierfür ist das Geschlecht. Bei der Ordinalskala werden durch den Messvorgang die Objekte hinsichtlich ihrer Eigenschaft in eine Rangordnung gebracht. Hierzu zählen etwa militärische Ränge. Beide vorgestellten Skalen werden auch als nichtmetrisch bezeichnet und verbieten es, dass mit diesen Daten rechnerische Transformationen wie Mittelwertbildung durchgeführt werden. Zu den metrischen Skalen zählen die Intervallskala und die Verhältnisskala. Dabei werden den Eigenschaften der Objekte Zahlen zugeordnet, deren Differenzen die Unterschiede der Eigenschaften getreu wiedergeben. Der Unterschied zwischen der Intervallskala und der Verhältnisskala liegt im Wesentlichen im Umgang mit der Zahl „Null“. Anders als bei der Verhältnisskala, muss die Zahl „Null“ bei der Intervallskala die Tatsache „Eigenschaft ist nicht vorhanden“ nicht wiedergeben. Die Temperaturmessung ist ein Beispiel für eine Intervallskala. 0° C bedeuten nicht, dass es keine Temperatur gibt. Längen- oder Gewichtsmessungen gehören dagegen zu den Verhältnisskalen. Bei den metrischen Skalen sind alle mathematischen Transformationen erlaubt. Die vier beschriebenen Skalentypen sind in Tabelle 5-3 nochmals übersichtlich zusammengefasst. Bei den vorliegenden Messwerten handelt es sich um metrische Datentypen.

	Skalenart	Mögliche Aussage	Beispiele
<b>Nicht-metrisch</b>	1. Nominalskala	Gleichheit; Verschiedenheit	Geschlecht; Telefonnummern
	2. Ordinalskala	Größer-kleiner Relationen	Militärische Ränge
<b>Metrisch</b>	3. Intervallskala	Gleichheit von Differenzen	Temperatur
	4. Verhältnisskala	Gleichheit von Verhältnissen	Längenmessung; Gewichtsmessung

*Tabelle 5-3: Die vier Skalentypen (Bortz 1993); Die Skalenarten sind gemäß dem jeweiligen Datenniveau sortiert.*

Abhängig von der Anzahl der Aufgabenvarianten werden entweder ein t-Test für abhängige Stichproben oder eine einfaktorische Varianzanalyse mit Messwiederholung eingesetzt. Der t-Test stellt einen Sonderfall der Varianzanalyse dar und vergleicht zwei Stichprobenmittelwerte. Bei kleineren Stichprobenumfängen setzt der t-Test voraus, dass die Differenzen in der Grundgesamtheit normalverteilt sind. Diese Voraussetzung ist gemäß Bortz (1993) erfüllt, wenn die Differenzen in der Stichprobe angenähert eine Normalverteilung aufweisen. Generell gilt, dass der t-Test relativ robust bei Verstößen gegen diese Voraussetzungen reagiert. Es ist

allerdings zu überprüfen, ob hohe Werte in der einen Stichprobe mit hohen Messungen in der zweiten Stichprobe einhergehen.

Bei der Varianzanalyse wird zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen unterschieden. Eine abhängige Variable ist das Merkmal (z.B. maximale Blickdauer), das untersucht werden soll. Die unabhängigen Variablen nehmen auf das Zustandekommen des Merkmals Einfluss. Die Auslegung einer Versuchsaufgabe entspricht damit der unabhängigen Variablen. Eine einfaktorielle Varianzanalyse überprüft die Auswirkung einer p-fach gestuften, unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable. Dabei wird die Nullhypothese  $H_0$  überprüft, die besagt, dass sich alle betrachteten Parameter nicht unterscheiden. Die Alternativhypothese  $H_1$  verlangt dagegen nicht einen Unterschied zwischen *allen* Parametern, sondern lediglich eine deutliche Differenz zwischen *zwei beliebigen* Parametern. Auch bei der Varianzanalyse ist zwischen verbundenen und unverbundenen Stichproben zu unterscheiden. Nur spricht man bei abhängigen Stichproben von einer Messwiederholung. Für die Varianzanalyse werden verschiedene Varianzen ermittelt und miteinander verglichen. Dafür sind so genannte Quadratsummen notwendig, die hier im Einzelnen nicht näher erläutert werden sollen. Eine wichtige Quadratsumme bei der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung ist die Treatmentquadratsumme  $QS_{\text{treat}}$ , die die einzelnen Leistungsschwankungen der einzelnen Versuchsperson charakterisiert, die auf Treatmenteffekte zurückzuführen sind. Mit Treatmenteffekten sind die unterschiedlichen Auswirkungen der Aufgabenvarianten auf die Leistung des Probanden gemeint. Diese Treatmentquadratsumme bildet die Basis für die Überprüfung der Nullhypothese  $H_0$ . Führt die einfaktorielle Varianzanalyse zu einem signifikanten Ergebnis, kann daraus geschlossen werden, dass sich die betrachteten Parameter in irgendeiner Weise unterscheiden. Eine genauere Interpretation der Gesamtsignifikanz wird erst möglich, wenn mit Hilfe von Einzelvergleichen bekannt ist, welche Werte signifikant differieren. Allerdings ist hierbei die auftretende  $\alpha$ -Fehlerkumulierung zu korrigieren.

Dafür wird die Bonferoni-Korrektur verwendet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit gibt die Wahrscheinlichkeit an, bei einem Einzelvergleich die Nullhypothese fälschlicherweise zu verwerfen. Werden nun zwei (orthogonale) Einzelvergleiche durchgeführt, erhöht sich folglich die Irrtumswahrscheinlichkeit.  $\alpha$ -Fehlerkumulierungen dieser Art treten auf, wenn eine Hypothese mit Hilfe mehrerer Signifikanztest überprüft wird. Um diese  $\alpha$ -Fehlerkumulierung auszugleichen, muss ausgehend vom zuvor spezifizierten Signifikanzniveau  $\alpha$  für die Einzelvergleiche eine Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha'$  verwendet werden. Diese berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/m}$$

Diese Gleichung lässt sich durch eine einfachere Gleichung annähern, die als Bonferoni-Korrektur bekannt ist:

$$\alpha' = \alpha/m$$

Allerdings ist zu beachten, dass die beschriebene  $\alpha$ -Fehlerkorrektur in der Tendenz eher konservativ ausfällt.

Für die Datenanalyse lässt sich insgesamt festhalten, dass Methoden der deskriptiven und Inferenzstatistik verwendet werden. Als Signifikanzniveau wird ein  $\alpha$ -Fehler von 5 % festgelegt. Liegt die  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit oberhalb von 25 %, wird die Nullhypothese übernommen. Für den  $\alpha$ -Fehlerbereich zwischen 5 % und

25 % können dagegen keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden. Zur Überprüfung der Unterschiedshypothesen werden bei Aufgaben mit zwei Varianten t-Tests für abhängige Stichproben durchgeführt. Bei mehr Ausprägungen kommt die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zur Anwendung. Die bei mehrfach durchgeführten Einzelvergleichen auftretende  $\alpha$ -Fehlerkumulierung wird mittels Bonferoni-Korrektur ausgeglichen, obwohl diese Korrektur in der Tendenz eher konservativ ausfällt.

## 5.8 Zusammenfassende Übersicht

Für das Versuchsdesign wird als Versuchsträger ein BMW E46 verwendet, in dem die Bedieneinheit, das Display, die Rechner und sonstige Messinstrumente verbaut sind. Mit LfE-Cruise werden unter der Software LabView der Firma National Instruments die beiden Menüstrukturen simuliert. Zur Einführung in das System wird den Versuchspersonen ein Warm-Up gestellt, das aus sieben Aufgaben besteht, welche die eigentlichen Versuchsaufgaben abbilden, ohne diese zu kopieren. Zur Erfassung der subjektiven Beurteilung werden Fragebögen verwendet. Die restlichen Daten werden über das Tachosignal, der Spurbeobachtung, der automatischen Protokollierung der Bedienung und der Blickerfassung gemessen. Das Versuchspersonenkollektiv besteht insgesamt aus 26 Versuchspersonen, wobei sich Männer und Frauen im Gleichgewicht befinden. Das durchschnittliche Alter beträgt 40,8 Jahre bei einer Standardabweichung von 16,2 Jahren. Soweit möglich repräsentiert das Kollektiv einen repräsentativen Querschnitt der Autofahrer. Als Versuchsstrecke werden Straßen rund um Eicherloh im Erdinger Moos östlich von Ismaning gewählt. Die einzelnen Streckenabschnitte ähneln einander sehr, so dass die Versuchsdaten verglichen werden können. Die Versuche werden im Sommer 2003 bei sonnigem Wetter durchgeführt und folgen einem festgelegten Schema. Alle Versuchsaufgaben werden permutiert gestellt. Für die statistische Auswertung sind die Daten zuerst aufzubereiten. Dazu werden die Messwerte synchronisiert und für die Untersuchung wichtige Versuchsabschnitte extrahiert. Anschließend werden die zusammengefassten Daten mit statistischen Methoden der deskriptiven Statistik und Inferenzstatistik analysiert.

## 6 Versuchsergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Versuche vorgestellt. Zunächst sind die Resultate beschrieben, die sich aus einer Gesamtbetrachtung der Aufgaben ergeben. Es schließen sich die Abschnitte zu den einzelnen Versuchsaufgaben an, in denen für jede Aufgabe kurz der Untersuchungszweck und die Aufgabenvarianten wiederholt, die statistischen Werte vorgestellt und die Ergebnisse knapp interpretiert werden. Bei der Untersuchung des Blickverhaltens interessiert vornehmlich die Blickabwendung von der Straße, d.h. es werden dabei vor allem die Kenngrößen *kumulierte Blickdauer auf das Display*, *durchschnittliche Blickdauer auf das Display* und die *maximale Blickdauer auf das Display* betrachtet. Zur besseren Lesbarkeit wird nachfolgend der Hinweis, dass sich diese drei Parameter auf das Display beziehen, nicht immer explizit erwähnt. Ist im jeweiligen Abschnitt nichts anderes erwähnt, gelten die Größen *kumulierte*, *durchschnittliche* oder *maximale Blickdauer* stets für die Betrachtung der Anzeige im Fahrzeug.

### 6.1 Allgemeine Ergebnisse

Dieser Abschnitt gibt die Ergebnisse wieder, die aus der ganzheitlichen Betrachtung der Versuchsaufgaben resultieren. Dafür wird zuerst auf die Qualität der Messwerte eingegangen und im Anschluss die Bewertung durch die Versuchspersonen sowie das allgemeine gemessene Blickverhalten vorgestellt.

Insgesamt umfasst das Versuchspersonenkollektiv 26 Versuchspersonen. Wegen eines einmaligen Versagens der Messwertaufzeichnung können die Werte einer Teilnehmerin leider nicht ausgewertet werden. Auch sind die Antworten eines Probanden auf die vier Fragen, die jeweils im Anschluss an die Aufgaben gestellt wurden, nicht zu verwenden. Die Versuchsperson war nicht bereit, eine Bewertung abzugeben und beantwortete alle Aufgaben prinzipiell mit einer zwei. Schließlich erweisen sich die aufgezeichneten Geschwindigkeitsdaten als nicht brauchbar. Trotz unterschiedlicher Filtermethoden kann das verrauschte Signal nicht so aufbereitet werden, dass eine sinnvolle Auswertung möglich ist. Alle anderen Messwerte liegen in der notwendigen Qualität vor, um fundierte Rückschlüsse aus den Ergebnissen ziehen zu können.

Bei der allgemeinen Betrachtung der Versuchsaufgaben sind sechs Parameter von besonderem Interesse. Die ersten zwei, die Einschätzung der Versuchsfahrten und die Einschätzung der Aufgaben, beziehen sich auf die subjektive Beurteilung durch die Versuchspersonen. Die restlichen vier Parameter sind die durchschnittliche Blickdauer auf das Display, die durchschnittliche Blickdauer auf das Verkehrsgeschehen, die minimale Blickdauer auf die Verkehrssituation sowie die maximale Blickdauer auf das Display und beziehen sich auf das Blickverhalten der Versuchspersonen.

Bei der Einschätzung der Versuchsfahrten durch die Versuchspersonen werden im Einzelnen die drei Fragen *„Die Fahrten waren für mich im Allgemeinen: Sicher – unsicher.“*, *„Die Fahrten waren für mich im Allgemeinen: Geregelt – verwirrend.“* und *„Wie fanden Sie das Fahren an sich, d.h. wenn Sie die Bearbeitung der Nebenaufgabe nicht mit berücksichtigen? Sehr einfach – sehr schwierig.“* aus dem Abschlussfragebogen betrachtet. Für jede Antwort ist eine sechsstufige Skala vorgesehen, der Zahlen von eins bis sechs zugeordnet werden können. Der

Abbildung 6-1 kann die Verteilung der Antworten auf diese drei Fragen entnommen werden. Insgesamt lässt sich aus den Werten ersehen, dass die Versuchsfahrten überwiegend als sicher ( $\bar{x} = 2,54$ ;  $s = 1,21$ ) und geregelt ( $\bar{x} = 2,04$ ;  $s = 1,08$ ) eingestuft werden. Die Fahraufgabe selbst wird als einfach bezeichnet ( $\bar{x} = 1,77$ ;  $s = 0,76$ ). Die bei der Planung des Versuchsdesigns formulierte Forderung, sichere und vergleichbare Versuchsfahrten durchzuführen, ist damit aus Sicht der Probanden erfüllt. Auch fühlen sich die Versuchspersonen durch die gestellte Fahraufgabe nicht überfordert.

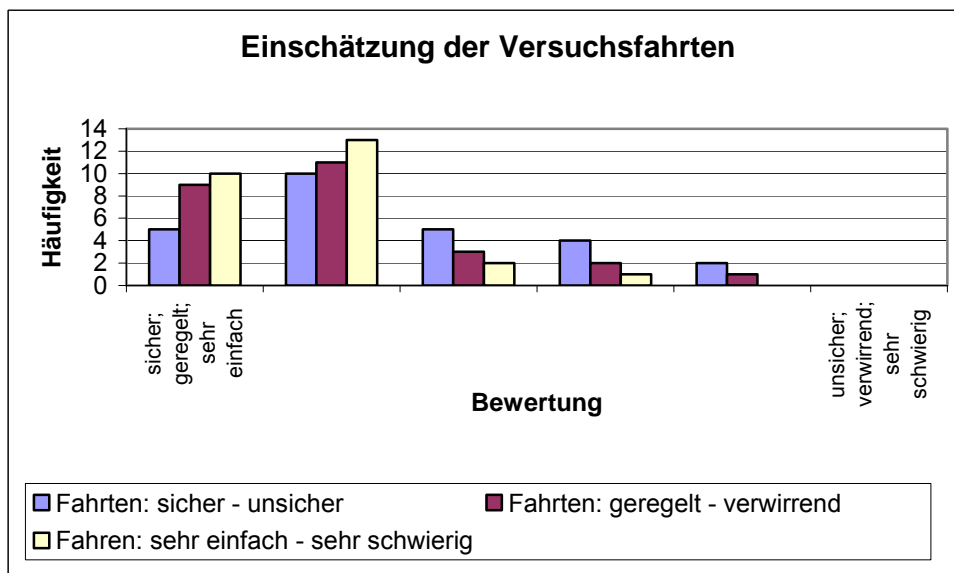


Abbildung 6-1: Verteilung der Einschätzung der Versuchsfahrten durch die Versuchspersonen

Für die Beurteilung der Versuchsaufgaben werden den Versuchspersonen zwei Arten von Fragen gestellt. Zum einen sollen die Probanden den Einfluss der Versuchsaufgaben allgemein auf ihre Fahrleistung einschätzen. Zum anderen werden die Teilnehmer gebeten, zu beurteilen wie realitätsnah die Aufgaben sind. Die vier entsprechenden Fragen lauten wie folgt: „Es ist mir schwer gefallen, mich während der Bearbeitung der Zusatzaufgaben auf die Spurführung zu konzentrieren.“, „Es ist mir schwer gefallen, während der Bearbeitung der Zusatzaufgaben gleichzeitig den Verkehr zu beobachten.“, „Die Bearbeitung der Zusatzaufgabe hat mich von der Fahraufgabe abgelenkt.“ und „Glauben Sie, die Aufgaben sind mit bereits bestehenden Aufgaben oder zukünftigen Aufgaben im Fahrzeug vergleichbar?“. Für die Antworten steht eine sechsstufige Skala von „Ja, sehr“ bis „Nein, überhaupt nicht“ zur Verfügung. Dieser werden bei der Auswertung Zahlen von eins bis sechs zugeordnet. Die Verteilung der Antworten auf diese Fragen ist in Abbildung 6-2 zusammengestellt. Der Einfluss der Versuchsaufgaben auf die eigene Spurführung ( $\bar{x} = 3,42$ ;  $s = 1,39$ ), Verkehrsbeobachtung ( $\bar{x} = 3,42$ ;  $s = 1,27$ ) und Aufmerksamkeit ( $\bar{x} = 3,31$ ;  $s = 1,19$ ) wird von den Probanden insgesamt neutral bewertet. Sie sehen weder eine starke noch eine schwache Auswirkung auf ihre Fahrzeugführung. Dagegen ist bei der Einschätzung der Versuchsaufgaben hinsichtlich der Realitätsnähe mit einem Mittelwert von 2,2 und einer Standardabweichung von 1,23 eine mehrheitlich positive Resonanz festzustellen. Somit ist das Ziel erreicht, Fantasielösungen zu vermeiden und

Aufgaben zu stellen, die von den Versuchspersonen als eine getreue Abbildung der Wirklichkeit empfunden werden.

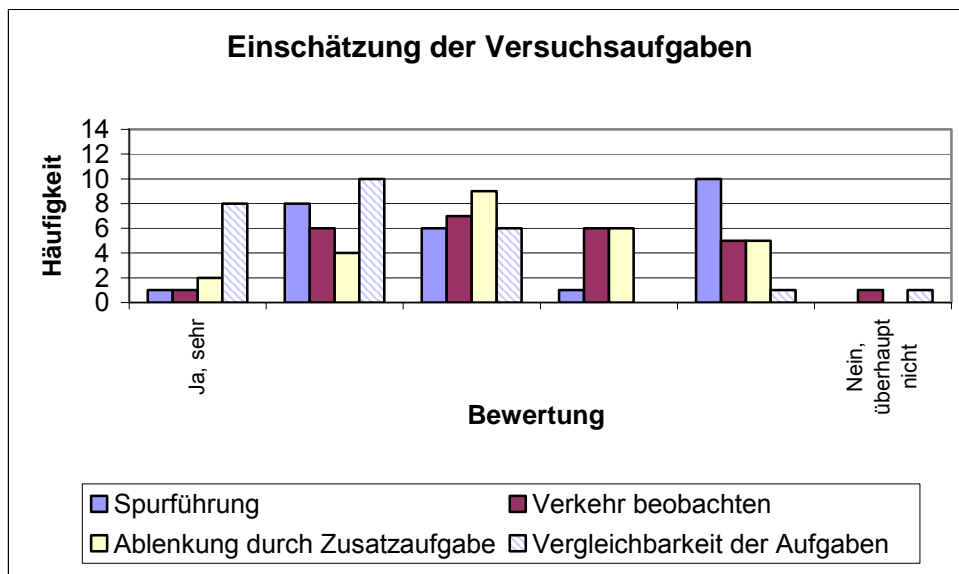


Abbildung 6-2: Verteilung der Einschätzung der Versuchsaufgaben durch die Versuchspersonen

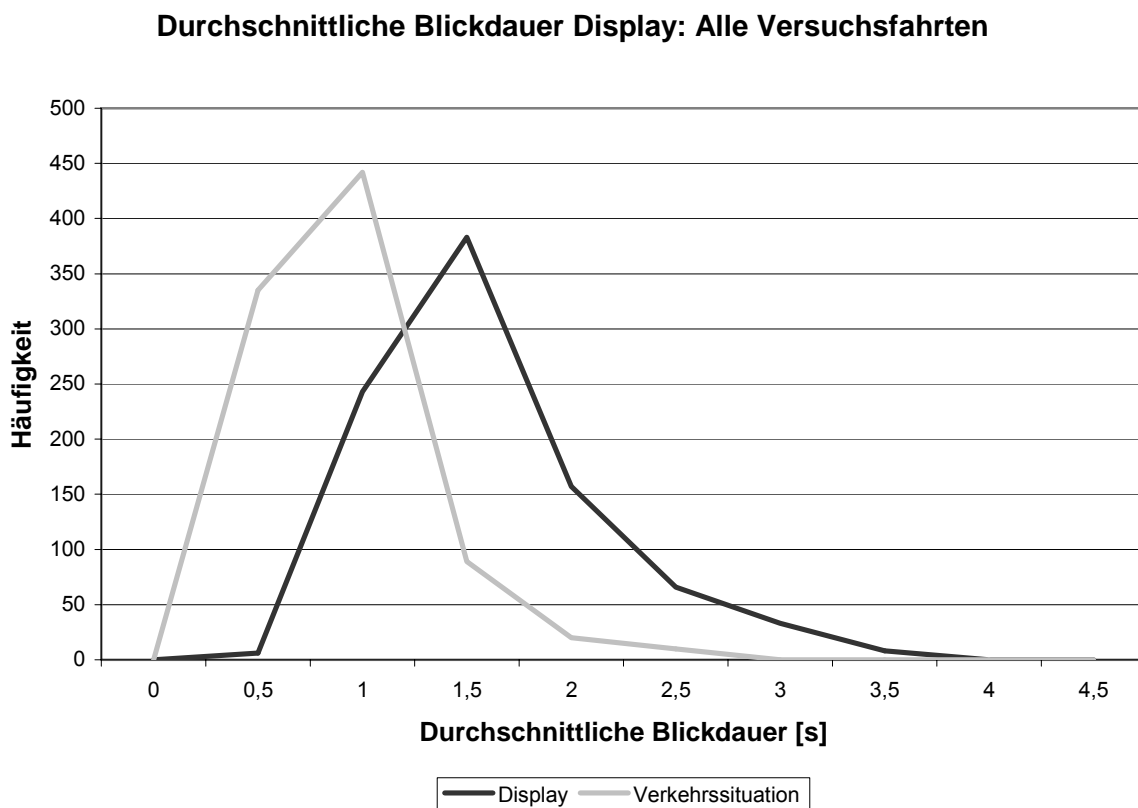


Abbildung 6-3: Durchschnittliche Blickdauer auf das Display und auf die Verkehrssituation während der Bearbeitung einer Versuchsaufgabe. Insgesamt wird im Schnitt das Verkehrsgeschehen kürzer betrachtet als das Display.

Bei der Untersuchung des Blickverhaltens können die durchschnittlichen Blickdauern auf das Display und auf das Verkehrsgeschehen während der Bearbeitung einer Aufgabe betrachtet werden. Die Verteilung in Abbildung 6-3 zeigt, dass allgemein die Versuchspersonen im Mittel länger auf das Display schauen als auf die Verkehrssituation. Die Werte der durchschnittlichen Blickdauer auf das Display befinden sich insgesamt zwischen 0,47 und 3,34 Sekunden. Dabei beträgt der Mittelwert 1,35 Sekunden bei einer Standardabweichung von 0,54 Sekunden. Dagegen liegt das arithmetische Mittel für die durchschnittliche Blickdauer auf das Verkehrsgeschehen bei 0,67 Sekunden mit einer Standardabweichung von 0,35 Sekunden. Die Messwerte verteilen sich in einem Intervall von 0,2 bis 2,49 Sekunden. Das bedeutet, der gemessene mittlere Blick auf die Verkehrssituation ist im Schnitt nur halb so lang wie der durchschnittliche Blick auf das Display. Offensichtlich reicht den Versuchspersonen weniger als eine Sekunde, um eine Verkehrssituation zu erfassen.

Die gemessene minimale Blickdauer auf die Verkehrssituation gibt in einem gewissen Maß Auskunft über die von den Probanden benötigte Zeit, um eine einfache Verkehrssituation zu erkennen. Im Schnitt tasten die Probanden in mindestens 0,24 Sekunden bei einer Standardabweichung von 0,13 Sekunden das Verkehrsgeschehen ab. Das Minimum liegt dabei bei 0,04 Sekunden und das Maximum bei 1,6 Sekunden.

#### Maximale Blickdauer Display: Alle Versuchsfahrten

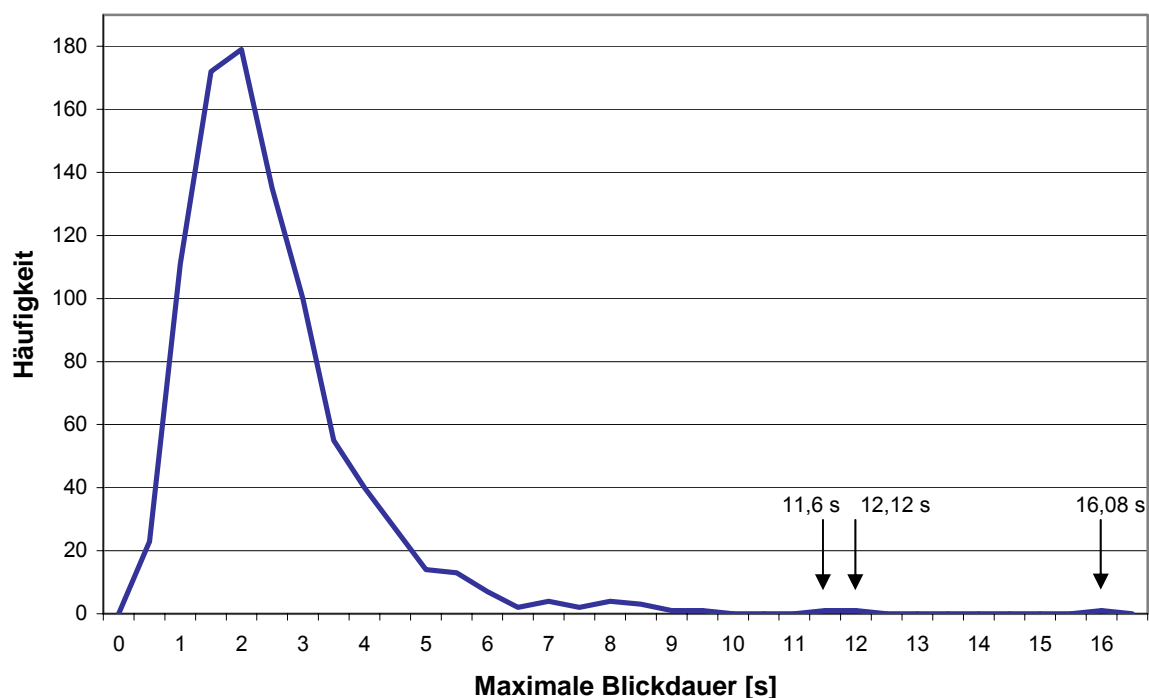


Abbildung 6-4: Verteilung der gemessenen maximalen Blickdauer auf das Display während der Bearbeitung einer tertiären Aufgabe. Die extremen Abwendungszeiten sind durch Pfeile kenntlich gemacht.

Konträr zu dieser Kenngröße kann mit der maximalen Blickdauer auf das Display bestimmt werden, wie lange die Versuchspersonen maximal bereit sind, den Blick



von der Verkehrssituation während der Bearbeitung einer tertiären Aufgabe abzuwenden. Im Mittel erlauben sich die Probanden eine maximale Blickdauer von 2,72 Sekunden mit einer Standardabweichung von 1,47 Sekunden. Die entsprechende Verteilung ist in Abbildung 6-4 aufgetragen. Auffallend sind die extremen Werte von 11,6 Sekunden, 12,12 Sekunden und 16,08 Sekunden maximaler Blickabwendung von der Verkehrssituation. Auf den ersten Blick erscheinen diese maximalen Blickdauern als Messfehler oder Ausreißer. Beides ist allerdings nicht der Fall. Die Daten sind eingehend anhand der vorhandenen Blickfilme überprüft und bestätigt, so dass eine falsche Messung ausgeschlossen werden kann. Gegen die Vermutung, es handele sich um Ausreißer, sprechen folgende Argumente. Die Werte stammen zwar alle von der gleichen Versuchsperson, dennoch treten diese Extremwerte gehäuft auf. Außerdem liegen die Werte nicht allzu weit von den maximalen Blickdauern anderer Probanden entfernt, weshalb auch nicht von einem besonderen Fahrer ausgegangen werden kann. Alleine im Intervall von acht bis zehn Sekunden befinden sich neun Messungen. Bei insgesamt 896 Messwerten entspricht dies 1 %. Im Ganzen überragen drei Prozent aller ermittelten maximalen Blickdauern die sechs Sekunden Grenze. Schließlich treten die Extremwerte nicht nur bei einem Aufgabentyp auf. Auch vermeintlich einfache Aufgaben wie „Manuell einen Radiosender einstellen“ haben lange maximale Blickzeiten auf das Display ( $BD_{\max, \text{Display}} = 9,88 \text{ s}$ ). Welches Gefahrenpotenzial in diesen langen Blickabwendungszeiten liegt, lässt sich an einer einfachen Rechnung verdeutlichen. Wenn man davon ausgeht, dass der Fahrer nur etwa 40 km/h schnell fährt, während er die tertiäre Aufgabe bedient, bedeuten neun Sekunden maximale Blickdauer auf das Display, eine Strecke von 100 Metern, die der Fahrer zurücklegt, ohne einmal die Verkehrssituation zu überprüfen. Eine Ablenkung, die auch bei der geringen Geschwindigkeit letale Konsequenzen haben kann. Betrachtet man die Kennwerte durchschnittliche und maximale Blickdauer auf das Display gemeinsam, so kann gefolgert werden, dass sich die Versuchspersonen im Schnitt nur eine durchschnittliche Abwendung von der Straße von 1,35 Sekunden zutrauen. Werden die Fahrer allerdings von der tertiären Aufgabe so sehr in den Bann gezogen, dass sich diese unter dem Gesichtspunkt der Ressourcenverteilung von der sekundären (= Nebenaufgabe) zur primären Aufgabe (= Hauptaufgabe) wandelt, sind sie bereit, Abwendungszeiten zu akzeptieren, die weit höher liegen als die mittlere Blickdauer auf das Display.

Für die ganzheitliche Betrachtung der Versuchsaufgaben lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen. Nur jeweils 25 Versuchspersonen können maximal in die Auswertung der Fragebögen und objektiven Messdaten eingehen. Die erfassten Geschwindigkeitswerte sind bedauerlicherweise zu stark verrauscht und können nicht analysiert werden. Die Versuchsfahrten werden von den Probanden überwiegend als sicher und geregelt eingestuft. Die Fahraufgabe für sich wird als einfach bezeichnet. Eine besondere Auswirkung der gestellten Aufgaben auf das eigene Fahrverhalten kann von den Teilnehmern nicht festgestellt werden. Dafür werden die Versuchsaufgaben überwiegend als vergleichbar mit bestehenden oder zukünftigen Systemen im Auto betrachtet. Die durchschnittliche Blickdauer auf das Display bei der Bearbeitung von tertiären Aufgaben liegt bei den Messwerten höher als die mittlere Blickdauer auf das Verkehrsgeschehen. Die Fahrer benötigen im Schnitt 0,67 Sekunden zur Erfassung der Verkehrssituation. Die gemessenen minimalen Blickzeiten auf das Verkehrsgeschehen offenbaren, dass eine einfache Verkehrssituation im Schnitt in circa einer Viertelsekunde von den Probanden erfasst

wird. Bei der mittleren Blickabwendung von der Straße erlauben sich die Versuchspersonen im Schnitt eine Dauer von 1,35 Sekunden. Dagegen können maximale Blickabwendungszeiten von bis zu 16,08 Sekunden erfasst werden, wenn der Fahrer seine Aufmerksamkeit primär auf die tertiäre Aufgabe richtet. Eine Zusammenfassung der Blickdaten befindet sich in Tabelle 6-1.

	Durchschnittliche Blickdauer		Maximale Blickdauer Display	Minimale Blickdauer Verkehr
	Display	Verkehr		
Minimum [s]:	0,47	0,20	0,84	0,04
Maximum [s]:	3,34	2,49	16,08	1,60
Mittelwert [s]:	1,35	0,67	2,72	0,24
Standardabweichung [s]:	0,54	0,35	1,47	0,13

*Tabelle 6-1: Übersicht über alle gemessenen Blickdauern während der Bedienung von tertiären Aufgaben*

## 6.2 Bedienung

Hinsichtlich der Bedienung, bei der eine Aufgabe gemäß der zeitlichen Ordnung der Arbeitsschritte analysiert wird, sind die drei Hypothesen Bed\_1 bis Bed\_3 aufgestellt. Diese vermuten einen Zusammenhang zwischen Ablenkung und Abweichung vom systemergonomischen Soll. Theoretisch sind vier Arten von Abweichungen möglich, die in insgesamt sechs Versuchsaufgaben zur Überprüfung der Bedienungshypothesen integriert sind. Für jede Versuchsaufgabe gibt es in diesem Abschnitt ein eigenes Unterkapitel, das die entsprechende Aufgabenstellung kurz wiederholt, das verwendete statistische Verfahren nennt und die Antworten der Versuchspersonen zu der Versuchsaufgabe vorstellt. Dabei werden die vier Fragen nach der Lösbarkeit der Aufgabe, der Spurhaltung, der Blickerfassung und der Konzentration auf das Fahren betrachtet, die nach jeder Aufgabe dem Fahrer gestellt werden. Außerdem wird in jedem Unterkapitel erläutert, welche Aufgabenabschnitte und Messwerte in die Auswertung eingehen und welche Reaktionen basierend auf den drei Hypothesen bei den betrachteten Kenngrößen erwartet werden. Anschließend sind jeweils die Ergebnisse beschrieben und kurz interpretiert.

### 6.2.1 Information aus dem Bordcomputer lesen

Bei der ersten Aufgabe zur Bedienung wird ein simultaner Bordcomputer mit einer sequentiellen Variante verglichen. Die systemergonomische Analyse verlangt dabei eine simultane Darstellung des Bordcomputers. Pro Bordcomputerausprägung muss der Proband drei Einzelaufgaben bearbeiten, die sich bei der sequentiellen Auslegung bezüglich der Anzahl der sequentiellen Schritte unterscheiden. Im Folgenden werden diese als Menütiefen bezeichnet. Bei der niedrigen Menütiefe hat der Anwender drei sequentielle Stufen zu überwinden. Bei der mittleren müssen fünf und bei der großen Menütiefe acht sequentielle Schritte bedient werden. Damit sind insgesamt vier unabhängige Einzelvergleiche denkbar. Zum einen können die drei geschilderten Menütiefen mit der jeweiligen simultanen Variante verglichen werden. Zum anderen ist es möglich, die Werte des simultanen Bordcomputers zusammenzufassen und diese zu den entsprechend vereinten sequentiellen Daten in Beziehung zu setzen. Für jeden Vergleich wird jeweils ein t-Test für abhängige Stichproben durchgeführt.

Bordcomputer: Gesamtvergleich der Fahrerbewertung								
	Aufgabe leicht lösen		Spur gut halten		Straße gut im Auge		Konzentration	
Variante:	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell
$\alpha$ -Fehler:	0,005		0,172		0,910		0,103	
Mittelwert []:	1,59	1,87	2,09	2,20	2,19	2,36	2,20	2,36
Standardabweichung []:	0,77	1,00	0,77	0,77	0,75	0,85	0,81	0,86

Tabelle 6-2: Irrtumswahrscheinlichkeit für die zusammengefasste Einschätzung der Bordcomputeraufgaben durch die Versuchspersonen. Nur bei der Frage nach der Schwierigkeit der Aufgabe ist ein signifikanter Unterschied zu erkennen.

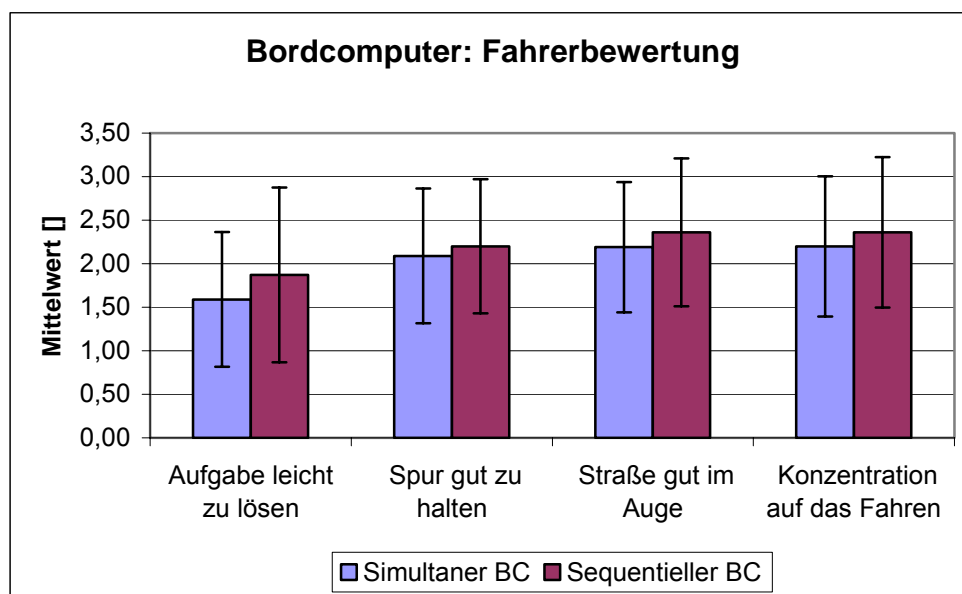


Abbildung 6-5: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung des Bordcomputers durch die Probanden

Werden die Antworten der Versuchspersonen mit diesem statistischen Verfahren verglichen, ergeben sich für die zusammengefassten Werte die in Tabelle 6-2 und Abbildung 6-5 aufgetragenen  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen. Nur bei der Frage nach der Schwierigkeit der Aufgabe ist ein signifikanter Unterschied festzustellen. Die Antworten zur Spurhaltung und der Konzentration auf das Fahren liegen im statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Bei der Beobachtung der Straße bewerten die Versuchspersonen die beiden Varianten nicht unterschiedlich. In Tabelle 6-3 sind die Ergebnisse für die paarweisen Vergleiche aufgelistet. Mit den Einzelvergleichen der subjektiven Antworten der Versuchspersonen ist kein eindeutiger Trend zu erkennen. Bei der mittelaufwändigen Bordcomputeraufgabe ergeben sich überhaupt keine signifikanten Unterschiede. Bei der niedrigen Menütiefe sind nur die Antworten zum Blickverhalten und der Aufmerksamkeit signifikant. Die beiden anderen Einschätzungen erlauben keine statistisch abgesicherte Aussage. Schließlich ergibt sich eine signifikante Irrtumswahrscheinlichkeit bei der aufwändigsten Bordcomputeraufgabe hinsichtlich der Lösbarkeit der Aufgabe. Die drei anderen Fragen werden dagegen in diesem Fall alle gleichwertig beantwortet. Folgende Schlussfolgerungen lassen sich insgesamt aus den Antworten ziehen. Erstens wird allgemein die sequentielle Gestaltung einer eigentlich simultanen Aufgabe als schwerer zu bedienen empfunden. Dabei hängt zweitens offensichtlich diese Einschätzung von der Anzahl der geforderten sequentiellen Schritte ab, da sich in diesem Zusammenhang nur für die große

Menütiefe signifikante Unterschiede ergeben. Drittens sehen die Versuchspersonen ihre eigene Fahrleistung durch die verschiedenen Systemausprägungen nicht unterschiedlich beeinflusst.

Bordcomputer: Einzelvergleich der Fahrerbewertung											
		Aufgabe leicht lösen		Spur gut halten		Straße gut im Auge		Konzentration			
		simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell		
Menütiefe	niedrig	Variante:									
		α-Fehler:		0,203		0,090		0,032		0,032	
		Mittelwert []:		1,64	1,84	2,04	2,32	2,12	2,40	2,12	2,40
	Standardabweichung []:		0,81	1,11	0,68	0,90	0,60	0,87	0,73	0,82	
	mittel	α-Fehler:		0,647		1,000		0,703		0,832	
		Mittelwert []:		1,68	1,76	2,20	2,20	2,32	2,40	2,32	2,36
		Standardabweichung []:		0,85	0,83	0,82	0,71	0,85	0,82	0,85	0,86
	groß	α-Fehler:		0,004		0,746		0,405		0,405	
		Mittelwert []:		1,44	2,00	2,04	2,08	2,12	2,28	2,16	2,32
Standardabweichung []:		0,65	1,08	0,84	0,70	0,78	0,89	0,85	0,95		

*Tabelle 6-3: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für den von der Menütiefe abhängigen Vergleich der Bordcomputeraufgaben. Die drei Menütiefen repräsentieren die Anzahl der sequentiellen Schritte beim Bordcomputer. Ein einheitlicher Trend ist bei den Antworten nicht zu erkennen.*

Bei der Auswertung der objektiven Messdaten werden nur die Aufgabensequenzen miteinander verglichen, bei denen sich die beiden Bordcomputervarianten unterscheiden. Diese Sequenz ist beim sequentiellen Bordcomputer für den Bedienzeitraum ab erstmaligem Betreten der ersten Menüebene, die eine Bordcomputerinformation anzeigt, bis zur Erfüllung der Aufgabenstellung definiert. Der vergleichbare Zeitabschnitt bei der simultanen Version wird durch das erstmalige Betreten der Menüebene mit simultaner Anzeige bis zur Erfüllung der Aufgabe festgelegt.

Zur Untersuchung der Bordcomputeraufgaben werden die fünf Kenngrößen Bediendauer, kumulierte, durchschnittliche sowie maximale Blickdauer auf das Display und Spurfehler verwendet. Bei den drei erstgenannten Messgrößen sind nur Messwerte in die Analyse einbezogen, bei denen freie Fahrt herrscht, da sich die auftretende Verkehrsbehinderung ungleichmäßig über die Versuchsfahrten verteilt. Bei der niedrigen Menütiefe entspricht das 20, bei der mittleren Tiefe 19 und bei der großen Menütiefe 21 Versuchspersonen, so dass insgesamt 60 Wertepaare beim generellen Vergleich für die drei Parameter herangezogen werden. Eine Einflussnahme der Verkehrssituation auf die maximale Blickdauer oder der Anzahl der Spurfehler ist nicht zu erwarten, so dass in diesen Fällen alle Versuchsdaten verwendet werden.

Ausgehend von den allgemein aufgestellten Hypothesen lassen sich Einzelhypothesen für die jeweiligen untersuchten Kenngrößen aufstellen. Bei der zusammengefassten Betrachtung der Bordcomputerdaten wird voraussichtlich die simultane Variante bei der Bediendauer, der kumulierten Blickdauer und bei den Spurfehlern besser abschneiden. Die sequentielle Auslegung ist bedienaufwändiger was sich in diesen Parametern widerspiegeln wird. Unterschiede sind dagegen bei der maximalen und durchschnittlichen Blickdauer nicht zu erwarten. Wie schon die Betrachtung der allgemeinen Ergebnisse gezeigt hat, werden die Fahrer automatisch bestrebt sein, den Blick im Mittel nicht zu lange von der Straße abzuwenden. Außerdem sind die Menüebenen der beiden Bordcomputervarianten visuell nicht sehr belastend (vgl. Abbildung 4-4). Zum einen wird bei der sequentiellen Darstellung nur eine Information mit einer „weiter“-Taste angezeigt und zum anderen überschreitet die Anzahl der dargebotenen simultanen Auswahlmöglichkeiten die  $7 \pm 2$

Grenze nicht. Die Einzelvergleiche lassen bei den sequentiell aufwändigen Bordcomputeraufgaben mit großer Menütiefe signifikante Unterschiede zu Gunsten der simultanen Darstellung erwarten. Hier stehen erneut die Punkte Bediendauer, kumulierte Blickdauer und Spurfehler im Vordergrund. Die leichteren Bordcomputeraufgaben mit geringer oder mittlerer Menütiefe werden keine so deutlichen Unterschiede hervorbringen.

Bordcomputer: Gesamtvergleich										
Variante:	Bediendauer [s]		kum. Blickdauer [s]		mittl. Blickdauer [s]		max. Blickdauer [s]		Spurfehler []	
	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell
$\alpha$ -Fehler:	0,008		0,022		0,022		0,116		0,008	
Mittelwert:	7,41	9,19	4,58	5,64	1,19	1,06	1,92	1,77	0,41	0,76
Standardabweichung:	3,20	4,85	2,12	3,53	0,42	0,40	0,87	0,76	0,64	1,09

Tabelle 6-4:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der objektiven Kenngrößen für die zusammengefassten Bordcomputeraufgaben. Nur die maximale Blickdauer auf das Display liegt im statistisch nicht aussagefähigen Bereich.

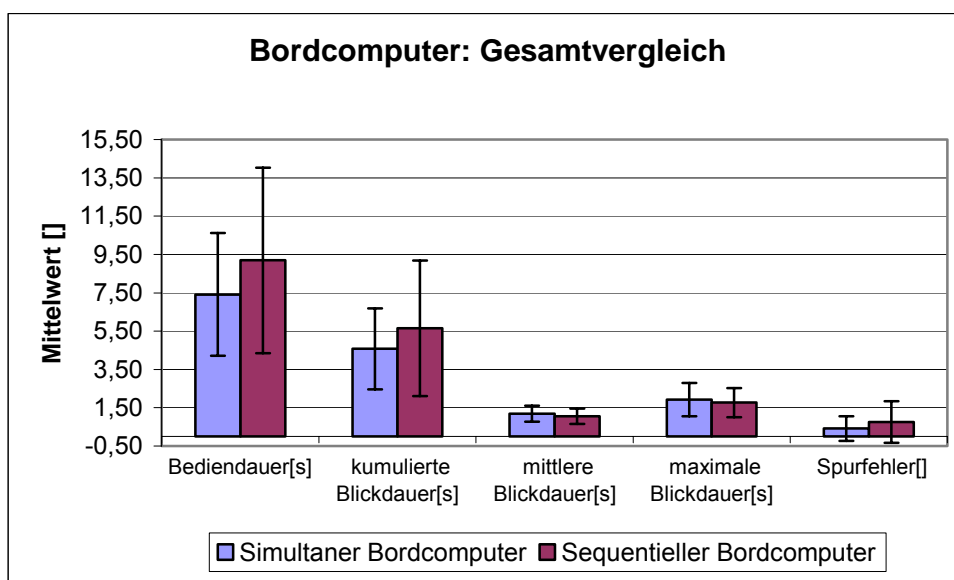


Abbildung 6-6: Mittelwerte und Standardabweichung der betrachteten Kenngrößen bei den zusammengefassten Bordcomputeraufgaben

Tabelle 6-4 und Abbildung 6-6 geben die Werte der fünf untersuchten Kenngrößen für die zusammengefasste Betrachtung wieder. Wie prognostiziert, ergeben sich bei der Bediendauer, der kumulierten Blickdauer auf das Display und dem Spurfehler signifikante Unterschiede zu Gunsten der simultanen Lösung. Überraschenderweise liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der mittleren Blickdauer ebenfalls unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus und bevorzugt den sequentiellen Bordcomputer. Bei der maximalen Blickdauer ist keine statistisch abgesicherte Aussage möglich. Die hohe Standardabweichung beim Spurfehler der sequentiellen Variante ergibt sich aus einer Versuchsperson, die einmal sieben Spurfehler aufweist. Wird dieser Proband als Ausreißer betrachtet und aus der Auswertung genommen, ändert sich die Irrtumswahrscheinlichkeit jedoch nur minimal auf  $\alpha = 0,01$ .

Die Ergebnisse der fünf Kenngrößen für die von der Menütiefe abhängigen Einzelvergleiche sind in Tabelle 6-5 zusammengetragen. Wie erwartet, ergeben sich die signifikanten Unterschiede bei der Bordcomputeraufgabe mit großer Menütiefe. Bei Bediendauer, kumulierter Blickdauer und Spurfehler schneidet die simultane

Variante besser ab. Bei der durchschnittlichen und maximalen Blickdauer auf das Display zeigen sich keine Differenzen. Genau umgekehrt stellt es sich bei der mittleren Menütiefe dar. Hinsichtlich der Bediendauer, kumulierten Blickdauer und der Spurfehler ist kein Unterschied erkennbar. Dafür liegen überraschenderweise sowohl die mittlere als auch die maximale Blickdauer bei der simultanen Variante in diesem Fall signifikant höher. Untersucht man die niedrige Menütiefe, ist allerdings bei diesen beiden Kenngrößen erneut kein Unterschied zu finden. Die Bediendauer, kumulierte Blickdauer und der Spurfehler liegen im statistisch nicht aussagefähigen Bereich.

Bordcomputer: Einzelvergleiche der objektiven Kenngrößen							
		niedrige Menütiefe		mittlere Menütiefe		große Menütiefe	
Variante:		simultan	sequentiell	simultan	sequentiell	simultan	sequentiell
Bedien- dauer	α-Fehler:	0,095		0,335		0,000	
	Mittelwert [s]:	6,18	5,28	9,33	8,43	6,91	13,79
	Standardabweichung [s]:	2,07	2,16	3,62	2,61	3,08	4,57
kum. Blick- dauer	α-Fehler:	0,096		0,314		0,000	
	Mittelwert [s]:	3,68	2,94	5,73	5,03	4,38	8,77
	Standardabweichung [s]:	1,37	1,45	2,51	2,03	1,94	3,63
mittl. Blick- dauer	α-Fehler:	0,361		0,004		0,990	
	Mittelwert [s]:	1,04	0,94	1,38	1,05	1,17	1,17
	Standardabweichung [s]:	0,22	0,45	0,48	0,33	0,46	0,41
max. Blick- dauer	α-Fehler:	0,674		0,002		0,752	
	Mittelwert [s]:	1,60	1,68	2,15	1,67	2,02	1,96
	Standardabweichung [s]:	0,76	0,99	0,87	0,57	0,92	0,66
Spur- fehler	α-Fehler:	0,149		0,478		0,011	
	Mittelwert [s]:	0,36	0,80	0,56	0,68	0,32	0,80
	Standardabweichung [s]:	0,49	1,47	0,65	0,80	0,75	0,91

Tabelle 6-5: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der fünf Kenngrößen bei der Bordcomputeraufgabe abhängig von der gestellten Menütiefe

Auf den ersten Blick erscheinen die Ergebnisse aus den drei Einzelvergleichen verwirrend. Nur die Ergebnisse der großen und niedrigen Menütiefe erfüllen die Erwartungen. Wenn es die sequentielle Variante erfordert, tief in die Struktur vorzudringen, ergeben sich signifikante Unterschiede bei der Bediendauer, kumulierten Blickdauer und dem Spurfehler. Bei der niedrigen Menütiefe liegen diese drei Kenngrößen im statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Mittlere und maximale Blickdauer werden bei der großen und niedrigen Menütiefe von der Systemauslegung nicht beeinflusst. Die drei Parameter Bediendauer, kumulierte Blickdauer und Spurfehler verhalten sich bei der mittleren Menütiefe ebenfalls gemäß den eingangs gestellten Einzelhypothesen. Allerdings wird das signifikant schlechtere Abschneiden der simultanen Version beim mittleren und maximalen Blick nicht vorhergesehen. Man darf sich jedoch von dem Ergebnis nicht täuschen lassen, da die Werte der simultanen Variante nicht extrem schlecht, sondern die Daten der sequentiellen Darstellung extrem gut sind. Vergleicht man die Mittelwerte der beiden Kenngrößen mit den Werten aus der Gesamtbetrachtung (vgl. Kapitel 6.1), ist zu erkennen, dass die mittlere und maximale Blickdauer auf das Display bei der sequentiellen Lösung deutlich unterhalb dem Gesamtdurchschnitt ( $BD_{\max;ges}: \bar{x} = 2,72 \text{ s}$ ;  $BD_{\text{avg};ges}: \bar{x} = 1,35 \text{ s}$ ) liegt. Bei der simultanen Variante decken sich nahezu die Werte. Eine Erklärung für diesen Umstand findet sich in der Darstellung des Bordcomputers. Während bei der sequentiellen Variante nur immer eine Angabe pro Menüebene angezeigt wird, erscheint auf dem simultanen Bildschirm jeder Hinweis gleichzeitig. Deshalb muss der Anwender die Anzeige bei

der zeitgleichen Version etwas länger betrachten, bis er die gewünschte Angabe gefunden hat. Wird die Menüebene mit den simultanen Bordcomputerinformationen aufgerufen, ist als erstes das linke obere Feld graphisch hervorgehoben (vgl. Abbildung 2-4). Die gesuchten Angaben für die große bzw. niedrige Menütiefe befinden sich direkt neben oder unterhalb dieser Markierung und können sofort vom Anwender detektiert werden. Der Ölstand, die gesuchte Information bei der mittleren Tiefe, liegt dagegen rechts unten und ist nicht sofort zu erkennen. Das erklärt, weshalb die Blickdauern in diesem Fall höher liegen als zuerst erwartet. Dieser Umstand liefert auch die Begründung, weshalb bei der Gesamtbetrachtung der Bordcomputerwerte bei der mittleren Blickdauer entgegen der Erwartungen ein signifikant niedrigerer Wert bei der sequentiellen Bordcomputerauslegung zu ermitteln ist.

Betrachtet man die Bordcomputeraufgabe zusammengefasst, wird die eingangs gestellte Hypothese Bed\_1 eindeutig erfüllt. Die Kenngrößen Bediendauer, kumulierte Blickdauer auf das Display, mittlere Blickdauer auf das Display und Spurfehler belegen die stärkere Ablenkung bei einer sequentiellen Darstellung einer eigentlich simultanen Aufgabe. Die Annahme Bed\_3 wird bedingt bestätigt, weil zwar bei der Aufgabe mit vielen sequentiellen Schritten signifikante Unterschiede gefunden werden, sich der Trend allerdings bei den etwas leichteren Aufgaben nicht fortsetzen lässt. Die beiden formulierten subjektiven Hypothesen Sub\_1 und Sub\_2 werden durch die Antworten der Versuchspersonen bestätigt. Insgesamt betrachtet, ergeben sich bei der Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit signifikante Unterschiede zu Lasten der systemergonomisch ungünstigen Lösung. Währenddessen bewerten die Probanden die eigene Fahrleistung als gleichwertig, obwohl bei den objektiven Messwerten signifikante Differenzen feststellbar sind.

### **6.2.2 Bass/Höhen verstellen im Radio**

Die Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ geht von der Abweichung aus, dass mehr sequentielle Schritte als notwendig aufgereiht werden. Dafür sind vier Aufgabenvarianten generiert, bei denen bis zur Erfüllung der Aufgabenstellung fünf, sechs, sieben oder acht Schritte zu bearbeiten sind. Für die statistische Auswertung wird daher eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Die mögliche  $\alpha$ -Fehlerkumulierung wird mittels der Bonferoni-Korrektur ausgeglichen. Um die vier Systemauslegungen zu bedienen, muss der Proband im LfE-Cruise den Bass oder die Höhen im Radio anpassen. Dieser Abschnitt fasst die Auswertung und Ergebnisse der Versuchsaufgabe zusammen, indem die Einschätzung der Versuchsperson, die Prämissen bei der Auswertung der objektiven Daten, die Einzelhypothesen für die Kenngrößen, die einzelnen Resultate und eine kurze Interpretation der Ergebnisse vorgestellt werden.

Die Antworten der Versuchspersonen auf die Fragen zur Versuchsaufgabe sind in Abbildung 6-7 graphisch aufgezeichnet. Die entsprechenden Werte (vgl. Tabelle 6-6) zeigen zwei Resultate. Zum einen machen die Versuchspersonen bei der Einschätzung der Lösbarkeit keinen Unterschied zwischen fünf und sechs sowie sieben und acht Schritten. Wird eine Ausprägung mit fünf Schritten mit einer Aufgabe von sieben oder acht sequentiellen Stufen verglichen, ergibt sich ein signifikanter Unterschied. Gleiches gilt bei einem Vergleich von fünf Schritten mit sieben oder acht Stufen. Zum anderen werden die Fragen nach der Spurführung, Beobachtung der Straße und der Aufmerksamkeit von den Probanden alle gleich beantwortet. Nur die



Variante mit acht sequentiellen Schritten wird offensichtlich etwas gesondert eingeschätzt, obwohl nur bei vier Vergleichen ein signifikanter Unterschied zu erkennen ist und die restlichen Gegenüberstellungen im statistisch nicht aussagefähigen Bereich liegen.

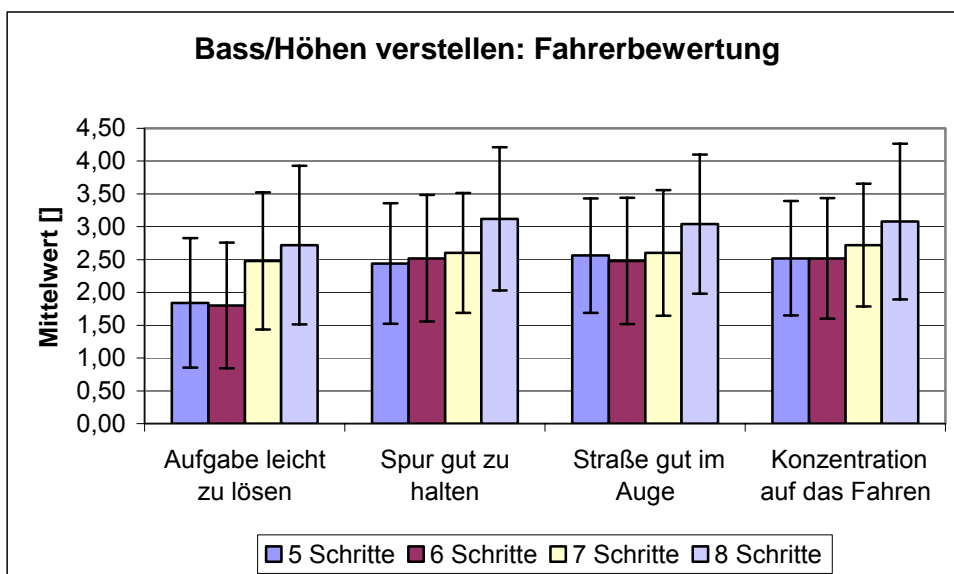


Abbildung 6-7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Beurteilung der Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ durch die Versuchspersonen

		Aufgabe leicht lösen				Spur gut halten				Straße gut im Auge				Konzentration			
Schritte		fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht
α-Fehler	fünf		1,000	0,022	0,006		1,000	1,000	0,009		1,000	1,000	0,045		1,000	1,000	0,078
	sechs			0,024	0,006			1,000	0,019			1,000	0,014			1,000	0,078
	sieben				1,000				0,122				0,051				0,216
	acht																
Mittelwert: $\bar{x}$		1,84	1,80	2,48	2,72	2,44	2,52	2,60	3,12	2,56	2,48	2,60	3,04	2,52	2,52	2,72	3,08
Standardabw.: $s$		0,99	0,96	1,05	1,21	0,92	0,96	0,91	1,09	0,87	0,96	0,96	1,06	0,87	0,92	0,94	1,19

Tabelle 6-6: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen zur Einschätzung der Aufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ durch die Versuchspersonen

Bei der Auswertung der objektiven Messwerte werden die kompletten Aufgabenvarianten miteinander verglichen. Das bedeutet, es gehen alle gemessenen Werte ab der ersten Bedienung der obersten Menüebene bis zur Erfüllung der Aufgabe ein. Einschränkungen wegen der Verkehrssituation sind nicht zu machen, weil bei allen Streckenabschnitten eine ähnliche Verkehrsdichte vorherrscht.

Gemäß der formulierten Hypothesen wird sich die verstärkte Ablenkung durch die längeren Aufgabenvarianten voraussichtlich bei der Bediendauer, der kumulierten Blickdauer und dem Spurfehler signifikant zeigen. Auch ist zu vermuten, dass bei der Bedienung des LfE-Cruise vermehrt Fehler auftreten, weil durch die unnötige Erhöhung der sequentiellen Schritte der Weg zum Ziel für den Anwender verwirrender und undeutlicher wird. Die durchschnittliche und die maximale Blickdauer auf das Display werden sich dagegen zwischen den unterschiedlichen Ausprägungen nicht unterscheiden. Die gemessenen Bedien- und Blickdauern sind in Tabelle 6-7 aufgelistet. Eine Zusammenstellung der Bedien- und Spurfehler befindet sich in Tabelle 6-8.



Bass/Höhen verstellen im Radio																	
	Schritte	Bediendauer				Kum. Blickdauer				Mittl. Blickdauer				Max. Blickdauer			
		fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht
α-Fehler	fünf		0,202	0,000	0,000		0,183	0,000	0,000		0,498	0,009	0,006		1,000	0,026	0,802
	sechs			0,196	0,008			0,395	0,036			0,151	0,092			0,033	0,175
	sieben				1,000				0,344				1,000				0,563
	acht																
Mittelwert [s]:		16,85	24,00	31,47	35,34	11,51	17,11	21,04	25,16	1,20	1,30	1,48	1,44	2,40	2,43	3,34	2,82
Standardabw. [s]:		11,38	14,79	13,07	16,21	9,95	12,36	9,51	13,55	0,53	0,49	0,62	0,56	1,57	1,16	1,67	1,15

Tabelle 6-7: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedien- und Blickdauern bei der Verstellung von Bass/Höhen im Radio

Bass/Höhen verstellen im Radio													
	Schritte	Falsche Menüauswahl				Bedienfehlerquotient				Spurfehler			
		fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht	fünf	sechs	sieben	acht
α-Fehler	fünf		1,000	0,000	0,000		0,000	1,000	0,656		1,000	0,132	0,660
	sechs			0,000	0,000			0,000	0,000			0,539	1,000
	sieben				0,000				1,000				1,000
	acht												
Mittelwert []:		0,24	0,36	2,76	1,36	1,46	2,45	1,56	1,61	1,32	1,64	2,12	1,76
Standardabw. []:		0,52	0,64	0,83	0,57	0,42	0,83	0,44	0,45	1,70	1,29	1,51	1,33

Tabelle 6-8: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedien- und Spurfehler bei der Verstellung von Bass/Höhen im Radio

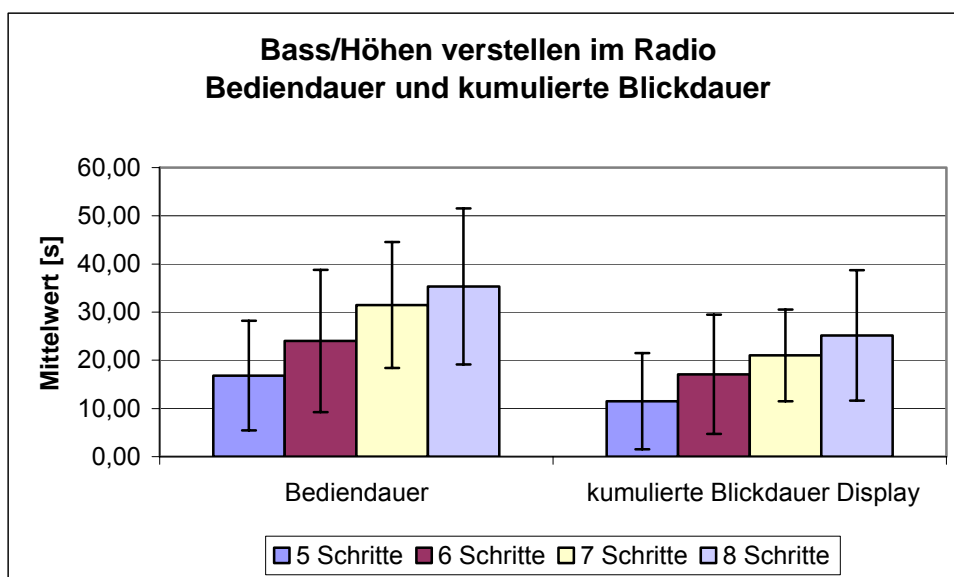


Abbildung 6-8: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer beim Verstellen von Bass und Höhen im Radio

Der Abbildung 6-8 ist zu entnehmen, wie die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer mit der Anzahl der notwendigen sequentiellen Schritte konstant ansteigt. Allerdings kann in beiden Fällen ein signifikanter Unterschied nur immer zwischen zwei sequentiellen Stufen gefunden werden. Zwischen fünf und sechs sowie sechs und sieben sequentiellen Schritten liegt bei der Bediendauer die Irrtumswahrscheinlichkeit im nichtaussagekräftigen Bereich. Die mittleren Bediendauern der beiden längsten Varianten unterscheiden sich nicht. Bei der kumulierten Blickdauer gibt es keine Differenzen sowohl zwischen sechs und sieben als auch sieben und acht sequentiellen Bedienschritten. Beim Vergleich von fünf und sechs Menüstufen kann mit dem α-Fehler keine statistisch abgesicherte Aussage bezüglich der kumulierten Blickdauer getroffen werden.

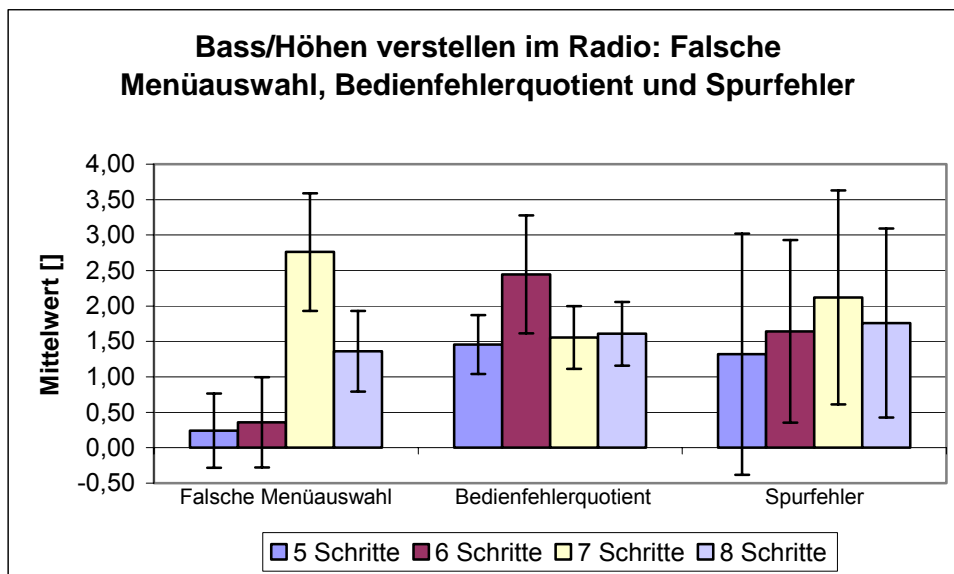


Abbildung 6-9: Mittelwerte und Standardabweichungen für Fehler bei der Bedienung und der Spurhaltung beim Verstellen von Bass oder Höhen im Radio

In Abbildung 6-9 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der während der Verstellung von Bass oder Höhen aufgetretenen Fehler aufgetragen. Anders als eingangs prognostiziert, treten beim Spurfehler keine signifikanten Unterschiede auf. Nur der Vergleich zwischen fünf und sieben Bedienschritten liegt im undefinierten Bereich. Bei der Betrachtung der falschen Menüauswahl wird die Vermutung bestätigt, dass durch Erhöhung der sequentiellen Schritte, der Weg zum Ziel für den Anwender schwerer aufzuspüren ist. Außer beim Vergleich zwischen fünf und sechs sequentiellen Stufen ergeben sich bei dieser Kenngröße nur signifikante Unterschiede. Dabei fällt der herausragende Mittelwert für die Ausprägung mit sieben sequentiellen Schritten auf (vgl. Abbildung 6-9). Zur Verstellung von Bass oder Höhen muss bei den zwei Versionen mit den meisten sequentiellen Stufen mit „Bearbeiten“ ein Extraschritt gewählt werden, der für viele Versuchspersonen einen Stolperstein bei der Bedienung darstellt. Bei genauer Betrachtung der Menüebene wird bestätigt, dass an dieser Stelle die mit Abstand meisten Fehler gemacht werden. Weshalb allerdings bei der Variante mit sieben Schritten ( $\bar{x} = 2,56$ ;  $s = 0,82$ ) bei der gleichen Menüebene signifikant ( $\alpha = 0,000$ ) mehr Fehler passieren als bei der Auslegung mit acht Stufen ( $\bar{x} = 1,12$ ;  $s = 0,82$ ), ist nur mit möglichen Lerneffekten und zufälligen Einflüssen zu erklären. In die Kenngröße Bedienfehlerquotient gehen alle möglichen Bedienfehler ein, so dass die falsche Auswahl eines Menüpunktes in einer einzelnen Menüebene im Ergebnis nicht so stark durchschlägt. Das zeigt sich auch bei den vorliegenden Werten. Bei diesem Parameter ragt die Variante mit sechs sequentiellen Schritten signifikant heraus. Die Daten der anderen Systemauslegungen verhalten sich zueinander gleich. Anders als bei der falschen Menüauswahl kann für diesen Ausreißer keine gesonderte Menüebene verantwortlich gemacht werden. Bei genauer Untersuchung zeigt sich vielmehr, dass der jeweilige Bedienfehlerquotient der einzelnen sequentiellen Menüebenen bei dieser Variante stets etwas schlechter ausfällt als bei den übrigen Aufgabenauslegungen. Diese Anhäufung der Bedienfehler kann nur mit Zufall erklärt werden. Insgesamt ist eine Abhängigkeit des Bedienfehlerquotienten von der Anzahl der sequentiellen Schritte nicht zu vermuten, da die drei restlichen Aufgabenvarianten bezüglich dieser Größe in einem Bereich liegen.

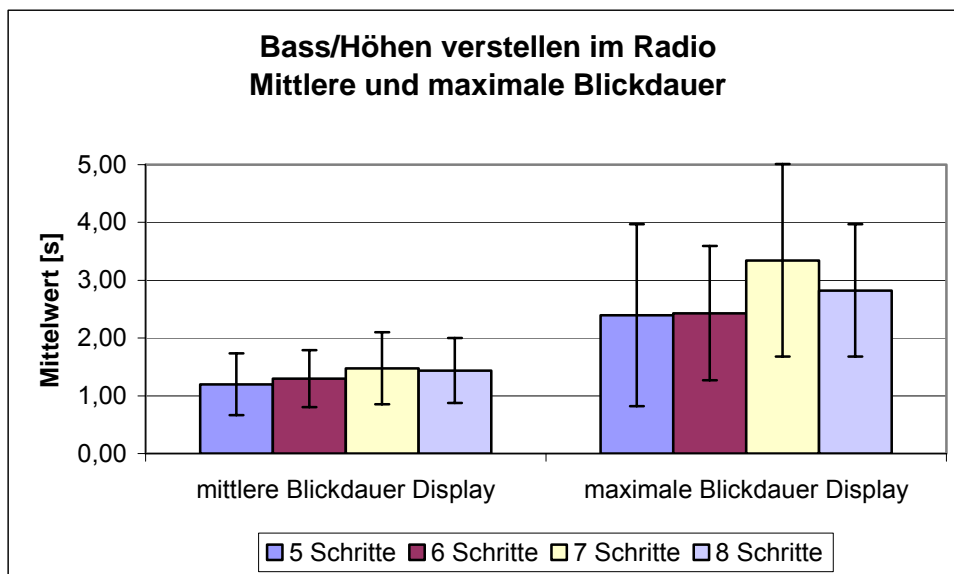


Abbildung 6-10: Mittelwerte und Standardabweichungen der mittleren und maximalen Blickdauer beim Verstellen von Bass oder Höhen im Radio

Auch die mittlere und die maximale Blickdauer auf das Display (vgl. Abbildung 6-10 und Tabelle 6-7) verhalten sich wie zu Beginn vermutet. Die durchschnittliche Blickdauer liegt bei allen vier Ausprägungen im Mittel zwischen 1,2 und 1,5 Sekunden und bewegt sich damit im Bereich der allgemein ermittelten mittleren Blickdauer (siehe Tabelle 6-1). Die Werte für sieben und acht Schritte fallen dabei etwas höher aus, als die der kürzeren Aufgaben. Besteht bei der sequentiellen Bedienung nur ein Unterschied von einem Schritt, liegt für diesen Kennwert keine signifikante Differenz vor. Nur beim Vergleich von sechs und sieben Stufen bleibt die Irrtumswahrscheinlichkeit im nichtaussagefähigen Bereich. Die  $\alpha$ -Fehler für die Vergleiche zwischen fünf und sieben sowie fünf und acht liegen unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus. Für die Gegenüberstellung von sechs und acht Schritten kann keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Insgesamt ist es schwer, eine einheitliche Tendenz zu erkennen. Vermuten lässt sich ein Anstieg der durchschnittlichen Blickdauer in Abhängigkeit von zwei sequentiellen Schritten. Dieser Zusammenhang kann mit der unnötigen Verkomplizierung der Aufgabe erklärt werden, die automatisch mit der Erweiterung der sequentiellen Schritte einhergeht. Die maximale Blickdauer ergibt keine signifikanten Unterschiede bei Vergleichen von fünf mit sechs, fünf mit acht sowie sieben mit acht Schritten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen sechs und acht liegt im nicht aussagekräftigen Bereich. Nur die Vergleiche zwischen fünf und sieben sowie sechs und sieben zeigen eine signifikante Differenz. Der Mittelwert der maximalen Blickdauer ragt bei der Aufgabe mit sieben sequentiellen Schritten analog zur falschen Menüauswahl erneut heraus (siehe Abbildung 6-10). Die Gründe sind die gleichen wie schon bei der Kenngröße „Falsche Menüauswahl“. Der Stolperstein „Bearbeiten“ in der fünften Menüebene verursacht auch hier die längeren Maximalblickzeiten auf das Display. Dass die Aufgabenvariante mit den sieben Bedienschritten davon stärker betroffen ist als die Alternative mit acht sequentiellen Stufen, lässt sich wiederum nur mit Zufall und Lerneffekten erklären. Der Unterschied kann jedenfalls statistisch nachgewiesen werden. Die betroffene Menüebene unterscheidet sich hinsichtlich der maximalen

Blickdauer auf das Display signifikant ( $\alpha = 0,017$ ) zwischen der Variante mit sieben ( $\bar{x} = 2,66$ ;  $s = 1,19$ ) und acht ( $\bar{x} = 2,16$ ;  $s = 0,95$ ) sequentiellen Schritten.

Insgesamt weisen vor allem die Kenngrößen Bediendauer und kumulierte Blickdauer nach, dass eine unnötige Erhöhung der sequentiellen Schritte die Ablenkung des Fahrers verstärkt. Das ist auch nicht anders zu erwarten, da automatisch mit mehr sequentiellen Ebenen eine längere Bedienung und damit auch eine im Ganzen längere Blickabwendung von der Straße einhergehen muss. Auch zeigt sich, wie durch die überflüssige Verlängerung der sequentiellen Abfolge der Weg für die Bedienung durch unnötige und teilweise auch schwierige Hürden undeutlich wird. Diese Hürden können sich in vermehrten Bedienfehlern widerspiegeln. Durch die damit einhergehende Verwirrung des Anwenders wird die Ablenkungswirkung entsprechend verstärkt. Sowohl die durchschnittliche als auch die maximale Blickdauer auf das Display reagieren empfindlicher gegenüber einer unnötigen Verlängerung der sequentiellen Bedienschritte als ursprünglich prognostiziert. Allerdings ist dies in Anbetracht der automatischen Verkomplizierung der Aufgabe nicht weiter überraschend. Unter dem Aspekt der überflüssigen Vermehrung von sequentiellen Schritten sind folglich die Hypothesen Bed\_1 und Bed\_3 bestätigt. Auch die Annahmen Sub\_1 und Sub\_2 zur subjektiven Beurteilung werden nicht widerlegt. Zwar können die Versuchspersonen die Schwierigkeit nicht pro einzelnen sequentiellen Schritt differenzieren aber im Allgemeinen wird eine unnötige Verlängerung der sequentiellen Abfolge als schwerer empfunden. Einen Einfluss dieser auftretenden Schwierigkeiten auf die eigene Fahrleistung erkennen die Fahrer jedoch nicht.

### **6.2.3 Temperatur verstellen (Typ1)**

Der erste Typ der Versuchsaufgabe „Temperatur verstellen“ zielt auf den Einfluss der Anzahl simultaner Auswahlmöglichkeiten in einer Menüebene auf die Ablenkungswirkung ab. Bei jeder der vier unterschiedlichen Aufgabenvarianten muss der Proband die Temperatur für diverse Fahrzeuginnenbereiche einstellen. Für die Untersuchung der Hypothesen werden lediglich einzelne Menüebenen miteinander verglichen, die inhaltlich zusammenpassen. Dabei bieten sich zwei Gruppen von Ebenen für Vergleiche an. Bei der ersten Gruppe werden Menüebenen mit sechs simultanen Auswahlmöglichkeiten Alternativen mit zwölf Menüoptionen gegenüber gestellt. Die zweite Gruppe vergleicht vier Menüebenen mit jeweils drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten untereinander. Zur Auswertung der ersten Gruppe wird ein t-Test für abhängige Stichproben verwendet. Zuvor müssen allerdings dafür die Messwerte aus jeweils zwei Aufgabenvarianten extrahiert und zusammengefasst werden. Bei der zweiten Gruppe werden lediglich die passenden Menüebenen der vier unterschiedlichen Aufgabenausprägungen betrachtet und mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf signifikante Unterschiede untersucht. Wegen der möglichen  $\alpha$ -Fehlerkumulierung kommt die Bonferoni-Korrektur zum Einsatz. Die Betrachtung der Antworten der Versuchspersonen zu den Aufgabenvarianten macht bei dieser Aufgabenstellung keinen Sinn, weil bei der Auswertung mit einer Menüebene nur ein kurzer Ausschnitt der Aufgabenstellung betrachtet wird. Dagegen beziehen sich die Aussagen der Versuchspersonen auf die gesamte Aufgabe. Nachfolgend werden die Vorgaben bei der Auswertung sowie die aufgestellten Einzelhypothesen für die betrachteten Kenngrößen beschrieben, bevor die Ergebnisse der beiden Gruppen vorgestellt und interpretiert werden.

Mit einer Ausnahme gehen alle Messwerte in die Auswertung ein. Die Probanden können alle gestellten Versuchsaufgaben erfolgreich lösen. Mitunter herrscht bei der Bearbeitung der tertiären Aufgabe leichter Verkehr, der sich allerdings über alle Aufgabenvarianten gleichmäßig verteilt. Unter diesem Gesichtspunkt können die Werte ohne Einschränkungen miteinander verglichen werden. Eine Versuchsperson kann bisweilen nur schwer das Display wegen starker Sonneneinstrahlung bei der Ausführung einer Aufgabe ablesen. Diese Behinderung verursacht eine deutlich schlechtere Bearbeitung der Versuchsaufgabe, weshalb diese Werte bei der Auswertung nicht berücksichtigt sind.

Zur Analyse der Aufgaben werden die Kenngrößen Bediendauer, kumulierte, maximale und durchschnittliche Blickdauer auf das Display sowie Überdrehen und falsche Menüauswahl verwendet. Die beiden Parameter Spurfehler und Bedienfehlerquotient werden wegen der Beschränkung auf eine Menüebene nicht untersucht. Die Spurfehler können auf Grund ihrer Erfassung nicht zweifelsfrei einer Menüebene zugeordnet werden. Außerdem ist nicht zu erwarten, dass bei einem so kurzen Abschnitt signifikante Unterschiede bei der Spurhaltung zu erkennen sind. Der Bedienfehlerquotient misst die während der gesamten Bedienung auftretenden Bedienfehler und hat ebenfalls bei längeren Abschnitten Vorteile. Bei der Betrachtung einer einzelnen Menüebene liefern die Kenngrößen Überdrehen und falsche Menüauswahl, die auch in den Bedienfehlerquotient eingehen, hingegen detailliertere Ergebnisse.

Hinsichtlich der ersten Gruppe, also dem Vergleich von sechs zu zwölf simultanen Auswahlmöglichkeiten, wird erwartet, dass sich die verstärkte Ablenkung in einer Verlängerung der Bediendauer sowie der kumulierten und der maximalen Blickdauer zeigt. Dies ergibt sich aus der anspruchsvolleren visuellen Aufgabe der Menüebene mit zwölf Optionen. Es wird keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten beim Überdrehen und der falschen Menüauswahl geben, weil zwar bei der systemergonomisch schlechten Lösung Bedienfehler wahrscheinlicher sind, diese jedoch bei nur einer Menüebene und der beschränkten Anzahl an Versuchspersonen statistisch kaum nachweisbar sind. Die mittlere Blickdauer wird sich ebenfalls nicht unterscheiden, da die Fahrer offensichtlich bestrebt sind, sich im Allgemeinen von einer tertiären Aufgabe nicht verstärkt ablenken zu lassen. Ein gleiches Verhalten werden die Kenngrößen bei der zweiten betrachteten Gruppe an den Tag legen. Allerdings ergeben sich voraussichtlich nur signifikante Unterschiede beim Vergleich der Menüebene mit vierzehn Auswahlmöglichkeiten mit den restlichen drei Varianten. Die Anzahl ihrer Menüoptionen liegen alle unterhalb der  $7 \pm 2$  Einheiten und werden daher untereinander ähnlich ablenkend sein.

Temperatur verstellen (Typ1): Zwei Varianten								
	Bediendauer		Kum. Blickdauer		Max. Blickdauer		Mittl. Blickdauer	
	sechs	zwölf	sechs	zwölf	sechs	zwölf	sechs	zwölf
sim. Auswahlmöglichkeit:								
$\alpha$ -Fehler:	0,350		0,151		0,435		0,361	
Mittelwert [s]:	4,20	4,80	2,58	3,18	1,52	1,60	1,09	1,19
Standardabweichung [s]:	2,82	3,57	1,22	2,92	0,59	0,71	0,47	0,88

*Tabelle 6-9: Irrtumswahrscheinlichkeiten, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern beim Vergleich von sechs zu zwölf simultanen Menüoptionen*

Temperatur verstellen (Typ1): Zwei Varianten				
	Überdrehen		F. Menüwahl	
sim. Auswahlmöglichkeit:	sechs	zwölf	sechs	zwölf
$\alpha$ -Fehler:	1,000		0,322	
Mittelwert [s]:	0,18	0,18	0,04	0,10
Standardabweichung [s]:	0,39	0,53	0,20	0,37

Tabelle 6-10: Irrtumswahrscheinlichkeiten, Mittelwerte und Standardabweichungen für die betrachteten Bedienfehler beim Vergleich von sechs zu zwölf simultanen Menüoptionen

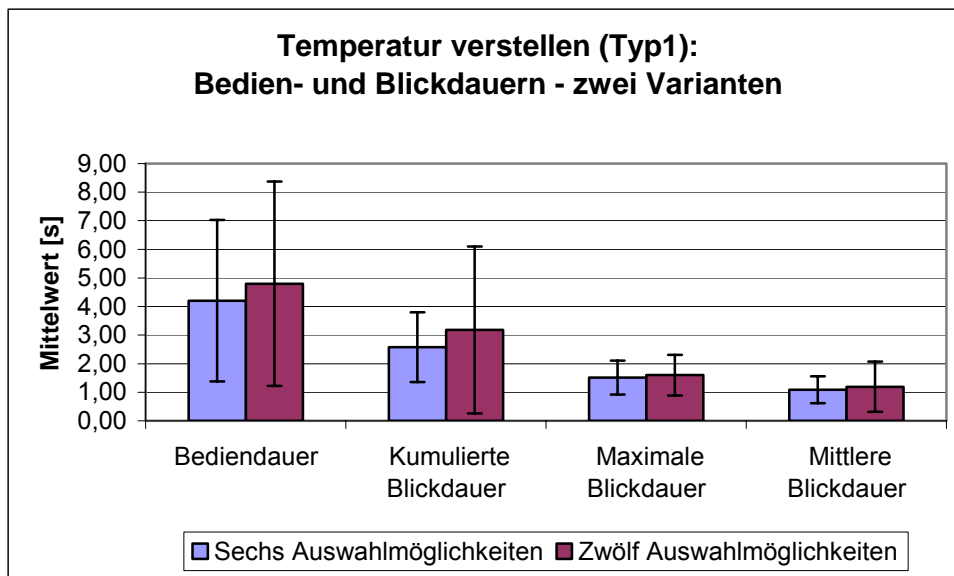


Abbildung 6-11: Graphische Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedien- und Blickdauern beim Vergleich von sechs zu zwölf simultanen Menüoptionen

Die Ergebnisse der ersten Vergleichsgruppe sind in Tabelle 6-9 und Tabelle 6-10 aufgelistet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedien- und Blickdauern sind in Abbildung 6-11 graphisch aufgetragen. Anders als prognostiziert, zeigen sich bei keiner Kenngröße signifikante Unterschiede. Lediglich der  $\alpha$ -Fehler bei der kumulierten Blickdauer liegt im nichtaussagefähigen Bereich. Nur die Kenngrößen für die Bedienfehler erfüllen die Erwartungen. Ein Überdrehen oder eine falsche Menüauswahl treten im Ganzen verschwindend gering auf, so dass es zu keinen Unterschieden kommen kann.

Temperatur verstellen (Typ1) Vier Varianten													
		Bediendauer				Kum. Blickdauer				Max. Blickdauer			
$\alpha$ -Fehler	Sim. Auswahl	drei	fünf	acht	vierzehn	drei	fünf	acht	vierzehn	drei	fünf	acht	vierzehn
	drei		1,000	1,000	0,004		0,285	0,112	0,001		1,000	1,000	0,037
	fünf			1,000	0,008			1,000	0,008			0,845	0,262
	acht				0,004				0,005				0,027
	vierzehn												
Mittelwert [s]:		4,17	4,87	5,54	10,28	2,31	2,94	3,59	6,46	1,40	1,60	1,37	2,25
Standardabw. [s]:		3,39	2,69	4,74	7,64	1,78	1,95	2,87	5,50	0,63	0,84	0,77	1,46

Tabelle 6-11:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer, kumulierten Blickdauer und maximalen Blickdauer bei den Menüebenen mit drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten

Temperatur verstellen (Typ1) Vier Varianten												
	Überdrehen				Falsche Menüauswahl				Mittl. Blickdauer			
Sim. Auswahl	drei	fünf	acht	vierzehn	drei	fünf	acht	vierzehn	drei	fünf	acht	vierzehn
Mittelwert []:	0,13	0,00	0,00	0,04	0,08	0,04	0,13	0,08	1,00	1,09	1,10	1,30
Standardabw. []:	0,45	0,00	0,00	0,20	0,28	0,20	0,34	0,41	0,46	0,74	0,35	0,60

Tabelle 6-12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedienfehler und mittleren Blickdauer bei den Menüebenen mit drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten. Die Varianzanalyse hat für diese drei Kenngrößen keine Unterschiede aufgedeckt, so dass keine Einzelvergleiche durchgeführt werden.

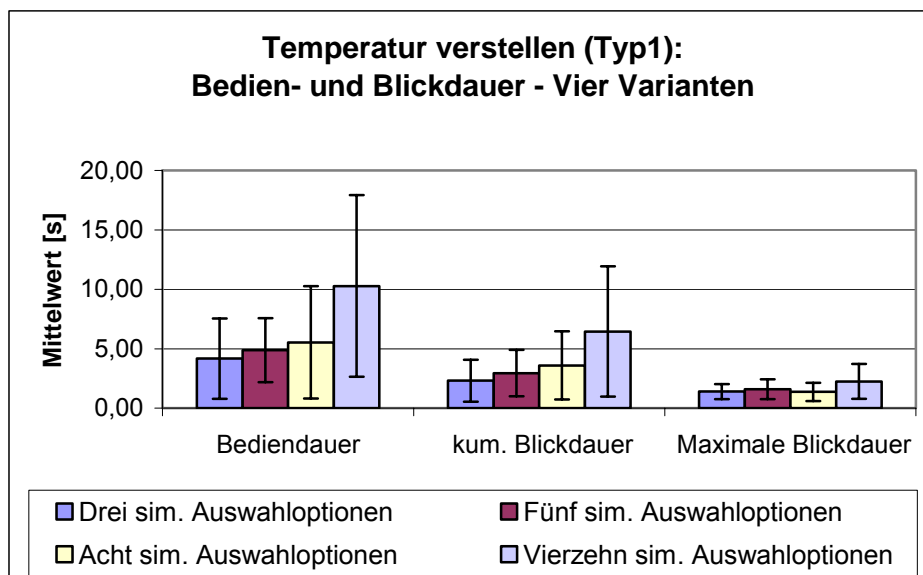


Abbildung 6-12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer sowie der kumulierten und der maximalen Blickdauer beim Vergleich der vier Menüebenen mit drei, fünf, acht und vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten

Bei der zweiten Gruppe (Tabelle 6-11, Tabelle 6-12 und Abbildung 6-12) lassen sich mit der Varianzanalyse die Alternativhypothesen, wonach sich die vier Varianten mindestens in einem Vergleich unterscheiden, nur hinsichtlich der Kenngrößen Bediendauer, kumulierte Blickdauer und maximale Blickdauer nachweisen. Die Parameter Überdrehen ( $\alpha = 0,264$ ), falsche Menüauswahl ( $\alpha = 0,842$ ) und mittlere Blickdauer ( $\alpha = 0,169$ ) ergeben keine signifikanten Unterschiede und verhalten sich wie vorhergesagt. Die Bediendauer der vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten ist signifikant länger als die restlichen drei Varianten, die sich untereinander nicht unterscheiden. Ähnlich stellt sich die kumulierte Blickdauer dar. Auch hier wird insgesamt bei der Auslegung mit vierzehn Menüoptionen signifikant länger auf das Display gesehen als bei den systemergonomisch günstigen Lösungen. Diese verhalten sich erneut gleich. Lediglich der Vergleich von drei und acht Auswahlmöglichkeiten liegt bei dieser Kenngröße im nichtaussagefähigen Bereich. Betrachtet man die maximale Blickdauer, ergeben nur die Vergleiche drei mit vierzehn und acht mit vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten einen signifikanten Unterschied. Die erwartete signifikante Differenz zwischen fünf und vierzehn Menüoptionen stellt sich nicht ein. Die maximale Blickdauer für fünf Auswahlmöglichkeiten liegt im Mittel etwas außerhalb der übrigen gut überschaubaren drei Menüebenen. Bei den Werten dieser Variante kommen allerdings keine Ausreißer vor. Die leichte Erhöhung resultiert nur aus der etwas



längeren Betrachtung des Displays von zwei Versuchspersonen. Bemerkenswert ist die längste gemessene maximale Blickdauer von 8,24 Sekunden für die Bedienung der Menüebene mit vierzehn Auswahlfeldern. Die Versuchsperson ist derart abgelenkt, dass sie zum einen die Geschwindigkeit reduziert und zum anderen gar nicht realisiert, wie sie während der Bedienung von einem Rennradfahrer sehr zügig überholt wird.

Temperatur verstellen (Typ1): Vergleich der Menüebenen mit zwölf Auswahlmöglichkeiten									
	Bediendauer		Kum. Blickdauer		Max. Blickdauer		Mittl. Blickdauer		
Menüebene	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	
$\alpha$ -Fehler:	0,961		0,847		0,099		0,588		
Mittelwert [s]:	4,66	4,70	3,22	3,06	1,71	1,48	1,11	1,06	
Standardabweichung [s]:	4,37	2,48	3,92	1,51	0,84	0,56	0,51	0,39	

*Tabelle 6-13:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern der Menüebenen mit zwölf Auswahlmöglichkeiten, die in zwei Aufgabenvarianten realisiert sind. Diese sind durch „links“ und „rechts“ gekennzeichnet.*

Temperatur verstellen (Typ1): Vergleich der Menüebenen mit sechs Auswahlmöglichkeiten									
	Bediendauer		Kum. Blickdauer		Max. Blickdauer		Mittl. Blickdauer		
Menüebene:	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	"links"	"rechts"	
$\alpha$ -Fehler:	0,033		0,003		0,024		0,226		
Mittelwert [s]:	3,49	4,87	2,26	2,91	1,42	1,66	1,07	1,18	
Standardabweichung [s]:	2,11	3,24	1,00	1,33	0,54	0,67	0,54	0,51	

*Tabelle 6-14:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern der Menüebenen mit sechs Auswahlmöglichkeiten, die in zwei Aufgabenvarianten realisiert sind. Diese sind durch „links“ und „rechts“ gekennzeichnet.*

Werden die beiden Vergleichsgruppen gemeinsam betrachtet, fällt auf, dass kein Messwert der ersten Gruppe die zu Beginn formulierten Einzelhypothesen erfüllt, während bei der zweiten Gruppe trotz der konservativen Bonferoni-Korrektur weitgehend alle Prognosen bestätigt werden. Dieser Umstand basiert vermutlich auf der irrigen Annahme, wonach sich die jeweiligen Menüebenen bei der ersten Gruppe mit gleicher Anzahl an Auswahlmöglichkeiten gleich bedienen lassen. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, wird durch ein Zusammenfassen dieser Menüebenen der Vergleich unscharf. Die gleichwertige Bedienung lässt sich überprüfen, indem die beiden passenden Menüebenen miteinander mit einem t-Test für abhängige Stichproben verglichen werden. Dabei ergibt sich, dass das Verhalten der Fahrer zwischen den beiden Menüebenen mit zwölf Auswahlmöglichkeiten überhaupt nicht differiert. Nur die Irrtumswahrscheinlichkeit für die maximale Blickdauer liegt im nicht aussagefähigen Bereich (siehe Tabelle 6-13). Ganz anders verhält es sich beim Vergleich der beiden Menüebenen mit sechs Auswahlmöglichkeiten. Diese sind in Tabelle 6-14 zusammengefasst. Hier existieren signifikante Unterschiede bei der Bediendauer, der kumulierten und der maximalen Blickdauer auf das Display. Betrachtet man die beiden Menüs genauer (vgl. Abbildung 4-5) offenbart sich auch der Grund. Die Versuchsperson bekommt die Aufgabenstellung, entweder die Temperatur „Hinten links“ oder „Hinten rechts“ zu verstellen. Die beiden dafür notwendigen Menüoptionen sind bei den zwei Varianten der Menüebene unterschiedlich angeordnet. Bei der systemergonomisch guten Lösung sind die sechs Auswahlmöglichkeiten kompatibel zu der Sitzposition im Fahrzeug



aufgetragen. Die Alternative mit zwölf Feldern folgt dieser Vorgabe nicht. Das hat aber zur Folge, dass die beiden Auswahlmöglichkeiten bei der kleinen Menüebene nicht im gleichen Blickfeld liegen. Beim ersten Aufruf der Ebene ist die Menüoption „Fahrer“ oben links hervorgehoben, weshalb das unterhalb gelegene Feld „Hinten links“ sofort ins Auge fällt. Tatsächlich zeigen die Messwerte (vgl. Tabelle 6-14), wie diese Option schneller bedient und kürzer betrachtet wird als die Variante „Hinten rechts“. Bei den beiden Menüebenen mit zwölf Auswahlmöglichkeiten besteht dieses Problem nicht. Da bei der Gestaltung der Oberfläche kein Wert auf die Kompatibilität gelegt wurde, liegen die beiden Menüoptionen direkt hintereinander. Generell ist auf Grund der Messwerte der kumulierten und maximalen Blickdauer zu vermuten, dass die beiden Menüs von den Anwendern spaltenweise von links nach rechts gelesen werden. Somit ist die Grundannahme, beide Menüebenen ließen sich trotz unterschiedlicher Aufgabenstellung gleichwertig bedienen, widerlegt und eine Zusammenfassung der Messwerte nicht sinnvoll.

Dennoch kann mit den gewonnenen Ergebnissen die Hypothese Bed\_1 bestätigt werden. Weicht die Systemauslegung vom systemergonomischen Soll ab und bietet mehr als  $7\pm 2$  simultane Auswahlmöglichkeiten an, steigt die Ablenkungswirkung. Hinsichtlich der Annahme Bed\_3 ist keine eindeutige Aussage zu treffen. In Abbildung 6-12 ist zwar bei den drei kleinen Menüebenen ein konstanter Anstieg der Mittelwerte der gemessenen Bediendauer und kumulierten Blickdauer in Abhängigkeit von der Anzahl der simultanen Auswahlmöglichkeiten zu erkennen. Allerdings kann auf Grund der unterschiedlichen Standardabweichungen bei den simultanen Auswahlmöglichkeiten, die unterhalb der  $7\pm 2$  Grenze bleiben, statistisch keine Tendenz nachgewiesen werden. Es ist zu vermuten, dass sich in der Gesamtpopulation bei diesen Kenngrößen subtile Unterschiede ergeben, die jedoch nur mit einer größeren Anzahl an Versuchspersonen statistisch zu beweisen sind. Insgesamt darf bei der Planung einer simultanen Menüebene der graphische Einfluss nicht unterschätzt werden. Wie die Auswertung der Ebene mit sechs Auswahlmöglichkeiten gezeigt hat, unterscheidet sich die Ablenkung sogar bei einer einfachen Anordnung signifikant, wenn die gewünschte Option nicht auf den ersten Blick entdeckt wird.

#### **6.2.4 Temperatur verstellen (Typ2)**

Es kann vorkommen, dass die systemergonomische Analyse eine simultane Bedienung mit mehr als  $7\pm 2$  Auswahlmöglichkeiten fordert. Die Hypothese Bed\_2 nimmt an, dass in diesem Fall die mit der vorausgehenden Versuchsaufgabe bewiesene Ablenkung reduziert werden kann, wenn die simultanen Optionen auf sequentielle Schritte verteilt werden. Zur Nachprüfung dieser Hypothese dienen zwei Aufgabenpaare, die im zweiten Typ der Versuchsaufgabe „Temperatur verstellen“ integriert sind und vom Anwender erneut eine Temperaturverstellung eines Fahrzeuginnenraumbereichs verlangen. Beim ersten Aufgabenpaar wird eine Menüebene mit fünf simultanen Auswahlmöglichkeiten in zwei sequentielle Schritte mit drei und vier Menüoptionen aufgebrochen. Das zweite Aufgabenpaar verteilt vierzehn simultane Auswahlmöglichkeiten auf zwei sequentielle Stufen mit fünf und vier Menüoptionen. Die Messwerte eines Aufgabenpaars werden mit Hilfe eines t-Tests für abhängige Stichproben auf Unterschiede überprüft. Dabei wird nur jeweils die eine simultane Menüebene mit den beiden Ebenen der sequentiellen Abfolge verglichen. Die Einschätzungen der Versuchspersonen werden auch bei dieser

Versuchsaufgabe nicht untersucht. Erneut wird mit den Menüebenen nur ein sehr kurzer Abschnitt betrachtet, während sich die Antworten der Probanden auf die gesamte gestellte Versuchsaufgabe beziehen. Bei beiden Aufgabenpaaren gehen alle ermittelten Messwerte in die Auswertung ein, da bei der Bearbeitung der Aufgaben nur vereinzelt leichter Verkehr auftritt, der sich außerdem gleichmäßig über alle Aufgabenvarianten verteilt. Es ergeben sich folgende Einzelhypothesen, Ergebnisse und Interpretationen.

Für die Überprüfung der aufgestellten Hypothese *Bed\_2* werden die vier Kenngrößen Bediendauer, kumulierte Blickdauer, durchschnittliche Blickdauer und maximale Blickdauer auf das Display untersucht. Bedienfehler sind bei den kurzen und einfachen Menüebenen nicht in dem Maß zu erwarten, dass signifikante Unterschiede gefunden werden können. Spurfehler werden nicht ausgewertet, da diese nicht eindeutig einer Menüebene zugeordnet werden können. Folgende Einzelhypothesen werden für die vier genannten Kenngrößen abhängig von den beiden Aufgabenpaaren formuliert. Beim ersten Aufgabenpaar (fünf gegen drei und vier) werden die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer auf das Display bei der sequentiellen Variante signifikant *länger* sein. Keine Unterschiede werden gleichzeitig bei der maximalen und durchschnittlichen Blickdauer auftreten. Die angebotenen Menüebenen sind visuell und kognitiv so anspruchslos, dass eine deutliche Veränderung dieser Kenngrößen zueinander nicht zu erwarten ist. Beim zweiten Aufgabenpaar (vierzehn gegen fünf und vier) werden die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer bei der sequentiellen Variante signifikant *kürzer* liegen. Gleichzeitig wird die maximale Blickdauer auf das Display bei der simultanen Auslegung signifikant größer sein, da die Menüebene mit vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten die  $7\pm 2$  Grenze deutlich überschreitet. Es ist möglich, dass die durchschnittliche Blickdauer bei der simultanen Variante signifikant höher liegt, weil die erhöhte maximale Blickdauer auf Grund der kurzen betrachteten Zeiträume den Durchschnitt beeinflusst.

Temperatur verstellen (Typ2): Sequentielles Menü gegen fünf simultane Optionen									
	Bediendauer		Kum. Blickdauer		Max. Blickdauer		Mittl. Blickdauer		
sim. Auswahlmöglichkeit:	drei und vier	fünf	drei und vier	fünf	drei und vier	fünf	drei und vier	fünf	
$\alpha$ -Fehler:	0,123		0,120		0,263		0,273		
Mittelwert [s]:	5,86	4,65	3,98	3,12	1,83	1,53	1,34	1,03	
Standardabweichung [s]:	3,36	2,58	2,22	2,11	1,41	0,58	1,45	0,39	

*Tabelle 6-15:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern beim Vergleich einer simultanen Menüebene mit fünf Optionen gegen zwei sequentielle Menüebenen*

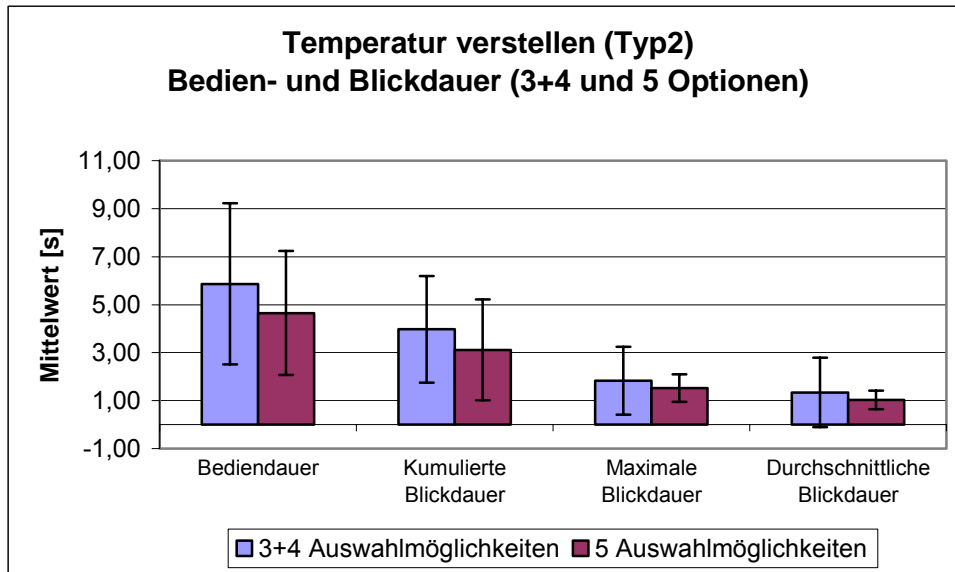


Abbildung 6-13: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern beim Vergleich einer simultanen Menüebene mit fünf Optionen gegen zwei sequentielle Menüebenen

Die Ergebnisse der Bedien- und Blickdauern für das erste Aufgabenpaar sind in Tabelle 6-15 und in Abbildung 6-13 aufgetragen. Die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer auf das Display sind bei der simultanen Menüebene zwar im Mittel kürzer, der jeweilige  $\alpha$ -Fehler liegt jedoch im nichtaussagekräftigen Bereich. Wie vorhergesagt gibt es bei der maximalen und der durchschnittlichen Blickdauer keine Unterschiede. Bedienfehler treten bei diesem Aufgabenpaar kaum auf und werden deshalb in keiner Tabelle präsentiert. Es kann kein Überdrehen festgestellt werden und bei den sequentiellen Schritten kommt keine falsche Menüauswahl vor. Bei der Menüebene mit fünf simultanen Auswahlmöglichkeiten wird im Schnitt 0,04-mal eine falsche Auswahl getroffen.

Temperatur verstellen (Typ2): Sequentielles Menü gegen vierzehn simultane Optionen									
	Bediendauer		Kum. Blickdauer		Max. Blickdauer		Mittl. Blickdauer		
	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	
sim. Auswahlmöglichkeit:	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	fünf und vier	vierzehn	
$\alpha$ -Fehler:	0,006		0,011		0,016		0,051		
Mittelwert [s]:	5,87	9,58	4,38	6,98	1,64	2,37	1,10	1,36	
Standardabweichung [s]:	5,55	6,87	5,10	5,81	0,79	1,48	0,41	0,65	

Tabelle 6-16:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern beim Vergleich einer simultanen Menüebene mit vierzehn Optionen gegen zwei sequentielle Menüebenen

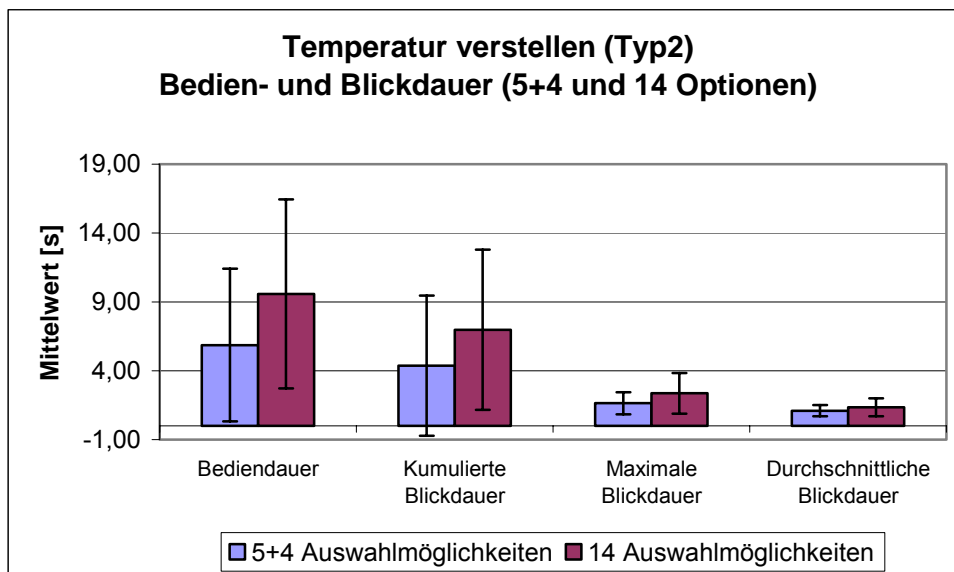


Abbildung 6-14: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bedien- und Blickdauern beim Vergleich einer simultanen Menüebene mit vierzehn Optionen gegen zwei sequentielle Menüebenen

Die in Tabelle 6-16 und Abbildung 6-14 für das zweite Aufgabenpaar zusammengefassten Werte bestätigen die aufgestellten Einzelhypothesen. Die Bediendauer, kumulierte Blickdauer und maximale Blickdauer sind bei der Menüebene mit vierzehn simultanen Auswahlmöglichkeiten signifikant länger. Der  $\alpha$ -Fehler bei der durchschnittlichen Blickdauer liegt mit 0,051 knapp oberhalb des festgelegten Signifikanzniveaus. Im Schnitt sieht der Anwender bei der schwierigen simultanen Aufgabe länger von der Straße weg als bei der einfachen sequentiellen Variante. Die Bedienfehler sind bei dem zweiten Aufgabenpaar ebenfalls verschwindend gering. Bei der sequentiellen Darstellung kommt es zu keinem Überdrehen und ein falsches Menü wird im Mittel lediglich 0,04-mal gewählt. Die simultane Menüebene verzeichnet im Schnitt 0,08-mal Überdrehen und durchschnittlich 0,08 falsch ausgewählte Menüpunkte.

Die Ergebnisse aus der Versuchsaufgabe „Temperatur verstellen (Typ2)“ lassen sich wie folgt interpretieren. Die Werte aus dem ersten Aufgabenpaar bestätigen die Ergebnisse des Bordcomputers. Demnach ist keine signifikante Verschlechterung der Ablenkung zu messen, wenn eine einfache simultane Auswahl in zwei einfache sequentielle Schritte unterteilt wird. Gleichzeitig untermauern die Ergebnisse aus dem zweiten Aufgabenpaar die formulierte Hypothese Bed\_2. Unter dem Aspekt der Ablenkung ist es signifikant besser, eine simultane Aufgabe mit mehr als  $7 \pm 2$  Auswahlmöglichkeiten in zwei sequentielle Schritte aufzuteilen. Alle aussagekräftigen Kenngrößen bestätigen dabei die Hypothese. Es ist allerdings anzumerken, dass bei der Aufteilung die sequentiellen Schritte nicht zu komplex und zu tief sein dürfen. Schließlich erscheint es als größte Schwierigkeit, die ausgegliederten simultanen Möglichkeiten unter einem sinnvollen Oberbegriff zusammenzufassen. Welchen Vorgaben dieser Oberbegriff zu folgen hat, ist nicht Bestandteil der vorliegenden Untersuchung. Jedoch sollte offensichtlich der Begriff nicht zu abstrakt gewählt werden, um den Anwender jederzeit über seine Möglichkeiten, die das System bietet, informiert zu halten.

### 6.2.5 SMS beantworten

Die vier bisher ausgewerteten Versuchsaufgaben sind zur speziellen Untersuchung einer möglichen Abweichung der Bedienung vom systemergonomischen Soll entwickelt. Die Versuchsaufgabe „SMS beantworten“ vereint dagegen zur Überprüfung der Hypothese Bed\_1 verschiedene mögliche Abweichungen in sich. Dafür wird die Versuchsperson aufgefordert, die SMS von Nicole zu lesen und diese zu beantworten. Es werden zwei Aufgabenvarianten generiert, deren Messwerte mittels eines t-Tests für abhängige Stichproben auf Unterschiede verglichen werden. In diesem Abschnitt ist die Beurteilung der SMS-Aufgaben durch die Fahrer kurz erläutert. Zusätzlich werden die vier betrachteten Aufgabenabschnitte für die objektiven Messgrößen definiert. Es folgt eine Beschreibung der für die Auswertung verwendeten Messwerte und Kenngrößen. Eine ausführliche Vorstellung und Interpretation der Ergebnisse schließt diesen Abschnitt ab.

Die Ergebnisse der Fahrerbefragung sind in Tabelle 6-17 wiedergegeben. Die Versuchspersonen bewerten die gute Ausprägung signifikant besser als die schlechte Variante hinsichtlich der Lösbarkeit und der Spurhaltung. Dagegen sind die Fahrer der Meinung, dass sie bei beiden Auslegungen die Straße gleich gut im Auge behalten können. Die Antworten auf die Frage nach der Aufmerksamkeit bei der Bedienung der Aufgabe ergeben eine nicht aussagekräftige Irrtumswahrscheinlichkeit.

SMS beantworten: Fahrerbewertung								
	Aufgabe leicht lösen		Spur gut halten		Straße gut im Auge		Konzentration	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
$\alpha$ -Fehler:	0,004		0,008		0,365		0,083	
Mittelwert $\bar{x}$ :	2,44	3,32	2,80	3,40	3,08	3,32	3,00	3,48
Standardabweichung $s$ :	1,45	1,22	1,08	1,12	1,04	1,11	1,12	1,23

Tabelle 6-17: Fahrerbewertung der guten und schlechten SMS-Aufgabe

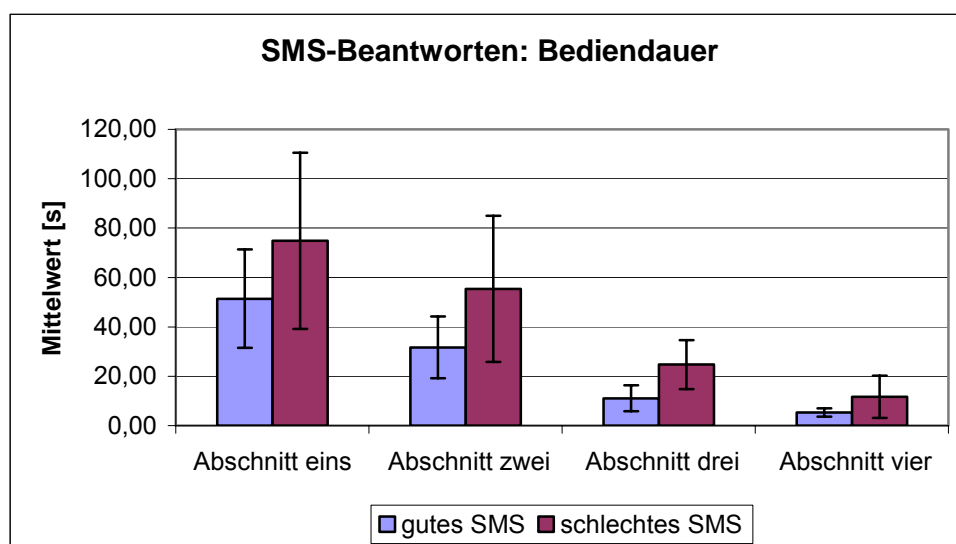
Insgesamt werden vier Aufgabenabschnitte miteinander verglichen. Diese sind folgendermaßen definiert. Der erste Abschnitt entspricht dem Zeitraum ab der ersten Auswahl der Menüoption „SMS“ in der zweithöchsten Menüebene bis zur Meldung „SMS erfolgreich gesendet“. Der zweite Abschnitt stimmt mit dem ersten überein. Allerdings wird die Menüebene zur Eingabe des Textes bei der Auswertung ausgeklammert (vgl. Abbildung 4-11). Dabei ist es gleichgültig, wie oft die Versuchsperson diese Menüebene betritt. Somit kann bei der Analyse der Einfluss der Texteingabe ausgeklammert werden. Der dritte Abschnitt untersucht die simultane Darstellung zweier eigentlich sequentieller Schritte (vgl. Abbildung 4-9). Dieser Zeitraum ist definiert ab der Auswahl des Posteingang-Feldes bis zum erstmaligen Erscheinen der Menüebene, die den eingegangenen Text anzeigt. Bei beiden Auslegungen ist die Anzahl der Schritte gleich. Nur bei der schlechten Variante wird der Anwender durch eine unsinnige simultane Präsentation sequentieller Schritte verwirrt. Der vierte Abschnitt entspricht der Zeitspanne ab dem letzten Verlassen der Texteingabeoberfläche bis zur Meldung „SMS erfolgreich gesendet“. Die gute Variante fordert hierbei vom Anwender einen sequentiellen Schritt, während bei der schlechten Variante drei Schritte notwendig sind.

In die Auswertung gehen nur Aufgabenpaare von Versuchspersonen ein, die beide Varianten gelöst haben. Nur eine Versuchsperson führt nicht beide Aufgabenausprägungen zu Ende, weil sie es übersieht, einen Antworttext

einzugeben. Eine zweite Versuchsperson hat große Mühen, die Aufgabe inhaltlich zu verstehen, weil ihr eine SMS-Funktion gänzlich unvertraut ist. Die entsprechenden Messwerte werden darum nicht verwendet. Im Ganzen ist auf Grund der Länge der Aufgabenvarianten nicht immer freie Fahrt gegeben. Bei einer Versuchsfahrt wird eine Reitergruppe überholt, wodurch die Ausführung der Aufgabe empfindlich beeinflusst wird. Die Werte der betroffenen Versuchsfahrt werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Bei den restlichen Versuchsfahrten beschränken sich die Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer auf ein Minimum und verteilen sich gleichmäßig über beide Aufgabenvarianten. Demzufolge können diese Messwerte ohne Einschränkungen miteinander verglichen werden.

Ausgehend von der formulierten Hypothese Bed\_1 wird bei folgenden Kenngrößen die systemergonomische gute Variante bei allen vier Abschnitten signifikant besser abschneiden. Eine wahrscheinlich bei der schlechten Auslegung längere Bediendauer resultiert zum einen aus der größeren Anzahl an sequentiellen Schritten und zum anderen aus der komplizierten Darstellung des Lösungsweges. Mit der Bediendauer geht eine längere kumulierte Blickdauer auf das Display einher. Die Parameter falsche Menüauswahl, Überdrehen und Bedienfehlerquotient werden bei der guten Variante niedriger liegen, weil wegen der leichteren Aufgabenpräsentation weniger Bedienfehler gemacht werden. Die verwirrenden Oberflächen beeinflussen auch die maximale Blickdauer. Diese wird bei der schlechten Ausprägung signifikant größer sein. Schließlich wird sich die größere Ablenkung in einer Anhäufung von Spurfehlern zeigen. Keine signifikanten Unterschiede sind dagegen bei der durchschnittlichen Blickdauer auf das Display zu erwarten, da sich mit der Länge der Aufgabe die extremen Blickabwendungszeiten im Mittel wieder ausgleichen.

Für die aufgelisteten acht Kenngrößen werden nachstehend die Ergebnisse vorgestellt. Dabei gibt jeweils eine Tabelle die statistischen Werte eines Parameters für alle betrachteten Abschnitte wieder. Bei Bedarf werden diese durch graphische Darstellungen ergänzt.



*Abbildung 6-15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Auswahl Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.*

SMS-Beantworten: Bediendauer								
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
$\alpha$ -Fehler:	0,001		0,000		0,000		0,001	
Mittelwert [s]:	51,43	74,87	31,70	55,44	11,09	24,73	5,31	11,67
Standardabweichung [s]:	19,94	35,64	12,55	29,58	5,23	9,88	1,74	8,54

Tabelle 6-18:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Auswahl Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

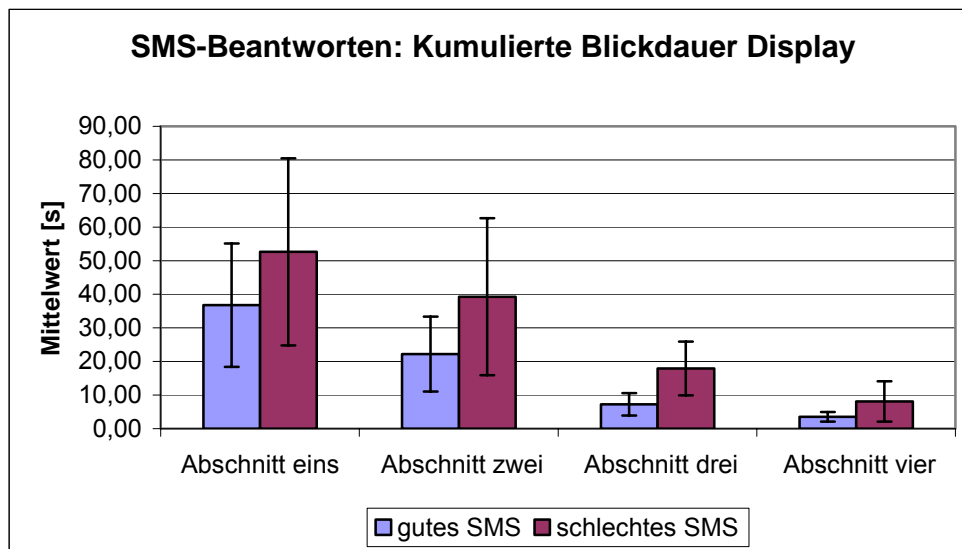


Abbildung 6-16: Mittelwerte und Standardabweichungen der kumulierten Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

SMS-Beantworten: Kumulierte Blickdauer Display								
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
$\alpha$ -Fehler:	0,001		0,000		0,000		0,000	
Mittelwert [s]:	36,79	52,65	22,23	39,29	7,25	17,90	3,52	8,13
Standardabweichung [s]:	18,34	27,83	11,13	23,36	3,35	7,99	1,40	6,02

Tabelle 6-19:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der kumulierten Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

Wie vorhergesagt ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen der systemergonomisch guten und schlechten Lösung bei der Bediendauer (vgl. Tabelle 6-18 und Abbildung 6-15) für alle Aufgabenabschnitte. Die schlechte Auslegung dauert stets länger. Gleiches gilt bei der kumulierten Blickdauer auf das Display (siehe Tabelle 6-19 und Abbildung 6-16). Bei allen vier betrachteten Abschnitten



blicken die Fahrer signifikant länger auf das Display, wenn die SMS-Oberfläche nicht den systemergonomischen Vorgaben entspricht.

SMS-Beantworten: Falsche Menüauswahl									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,000		0,000		0,000		0,378		
Mittelwert []:	0,45	3,86	0,23	3,82	0,00	3,23	0,18	0,32	
Standardabweichung []:	0,74	1,73	0,53	1,74	0,00	1,57	0,39	0,78	

*Tabelle 6-20:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der falschen Menüauswahl bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.*

Die gemachten Bedienfehler werden durch die Kenngrößen falsche Menüauswahl, Überdrehen und Bedienfehlerquotient kenntlich gemacht. Bei den Abschnitten eins bis drei zeigen sich bei der falschen Menüauswahl (siehe Tabelle 6-20) signifikante Unterschiede zum Nachteil der schlechten SMS-Lösung. Beim vierten Abschnitt, der sich hinsichtlich der Anzahl sequentieller Schritte unterscheidet, sind keine Differenzen feststellbar. Im Mittel werden 0,18 und 0,32 Fehler gemessen. Die sequentielle Abfolge von unnötigen Menüebenen zwingt den Anwender zwar zu einer längeren Bedienung, verleitet ihn aber offensichtlich nicht, falsche Menüfelder auszuwählen. Dabei kommt dem Benutzer bei der schlechten Aufgabenvariante der Umstand entgegen, dass in diesem Fall nur immer die Auswahlmöglichkeit „Senden“ gewählt werden muss, die zudem inhaltlich eindeutig zu verstehen ist.

SMS-Beantworten: Überdrehen									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,269		0,025		-		0,001		
Mittelwert []:	1,45	0,95	0,55	0,14	0,00	0,00	0,55	0,00	
Standardabweichung []:	1,60	1,21	0,67	0,47	0,00	0,00	0,67	0,00	

*Tabelle 6-21:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für Überdrehen bei der Beantwortung der SMS. In Abschnitt drei (simultan statt sequentiell) kommt es zu keinem Überdrehen. Ein  $\alpha$ -Fehler wird daher nicht ermittelt. Restliche Abschnitte: (1) Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; (2) Texteingabe ausgeklammert; (4) Mehr sequentielle Schritte als notwendig.*

Es kommt zu keinem Überdrehen im dritten betrachteten Aufgabenabschnitt (siehe Tabelle 6-21). Für Abschnitt eins kann kein Unterschied gefunden werden. Bei den Abschnitten zwei und vier treten deutlich mehr Überdrehfehler bei der guten Variante auf. Das liegt hauptsächlich an der vorwiegend sequentiell gestalteten Oberfläche der schlechten Lösung. Wenn weniger simultane Auswahlmöglichkeiten vorhanden sind, kommt es auch seltener zu einem Überdrehen. Vergleicht man Abschnitt eins mit Abschnitt zwei, zeigt sich, dass eine Vielzahl dieser Art von Fehlern bei der Texteingabe (vgl. Abbildung 4-11) geschieht. Das ist auch nicht verwunderlich, nachdem man relativ leicht bei den vielen Möglichkeiten im Buchstabenkranz über das Ziel hinausschießen kann. Insgesamt ist jedoch die Anzahl an Überdrehfehlern verschwindend klein und fällt unter dem Aspekt der Ablenkung kaum ins Gewicht.



SMS-Beantworten: Bedienfehlerquotient									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,048		0,000		0,000		0,000		
Mittelwert []:	1,47	1,80	1,44	2,14	1,16	2,22	1,72	1,08	
Standardabweichung []:	0,59	0,66	0,37	0,89	0,29	1,04	0,63	0,22	

Tabelle 6-22:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für den Bedienfehlerquotient bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

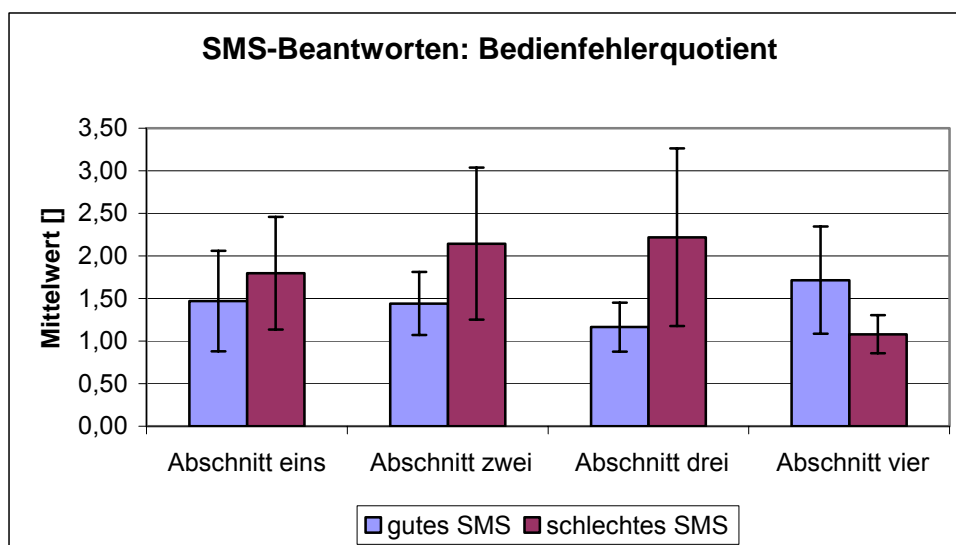


Abbildung 6-17: Mittelwerte und Standardabweichung für den Bedienfehlerquotient bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

Der Bedienfehlerquotient (vgl. Tabelle 6-22 und Abbildung 6-17) ist sozusagen eine Zusammenfassung der Kenngrößen Überdrehen und falsche Menüauswahl. Für alle vier Aufgabensequenzen ergeben sich signifikante Unterschiede. Allerdings liegen nur für die ersten drei die Vorteile bei der systemergonomischen guten SMS-Lösung. Bei Abschnitt vier wirkt sich dagegen das vermehrte Überdrehen bei der guten Ausprägung negativ aus. Die schlechte SMS-Variante erreicht einen Wert von etwa 1,08, was mit einer nahezu fehlerlosen Bedienung gleichzusetzen ist. Währenddessen ergibt sich für die gute Lösung auf Grund der Überdreher im Mittel ein Quotient von 1,72. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass sich im vierten Abschnitt auf Grund des höheren Bedienfehlerquotienten eine stärkere Ablenkung einstellt. Weder ein Überdrehen noch eine falsche Menüauswahl treten in diesem Bereich sehr häufig auf. Vielmehr bedeutet eine Verlängerung der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer zu Lasten der schlechten SMS-Variante im vierten Aufgabenabschnitt eine stärkere Ablenkung als die wenigen Bedienfehler.

Tabelle 6-23 und Abbildung 6-18 zeigen die Ergebnisse der maximalen Blickdauer auf das Display während der Beantwortung der SMS. Bei den Abschnitten zwei bis vier ergeben sich signifikante Unterschiede zu Gunsten der systemergonomisch

guten Variante. Beim ersten Vergleichsabschnitt, der im Prinzip die vollständige Aufgabe repräsentiert, liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit innerhalb des statistisch nicht aussagekräftigen Bereichs. Auch hier offenbart sich, dass die Texteingabe im Verhältnis zu den übrigen notwendigen Bedienschritten bei der guten Lösung schwerer zu bedienen ist. Der Vergleich des ersten und zweiten Abschnitts zeigt eine Erhöhung der mittleren maximalen Blickdauer auf das Display um eine halbe Sekunde. Bei der schlechten Lösung ist der Unterschied zwischen der Texteingabe und den übrigen Aufgabenbereichen nicht so groß, so dass sich bei dieser Auslegung die maximalen Blickdauern in Abschnitt eins und zwei nur unwesentlich unterscheiden.

SMS-Beantworten: Maximale Blickdauer Display									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,110		0,001		0,002		0,010		
Mittelwert [s]:	3,03	3,35	2,50	3,30	2,14	2,99	1,67	2,13	
Standardabweichung [s]:	1,54	1,47	0,88	1,51	0,95	1,58	0,60	0,89	

Tabelle 6-23:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die maximale Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnittsbeschreibung: (1) Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; (2) Texteingabe ausgeklammert; (3) Simultan statt sequentiell; (4) Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

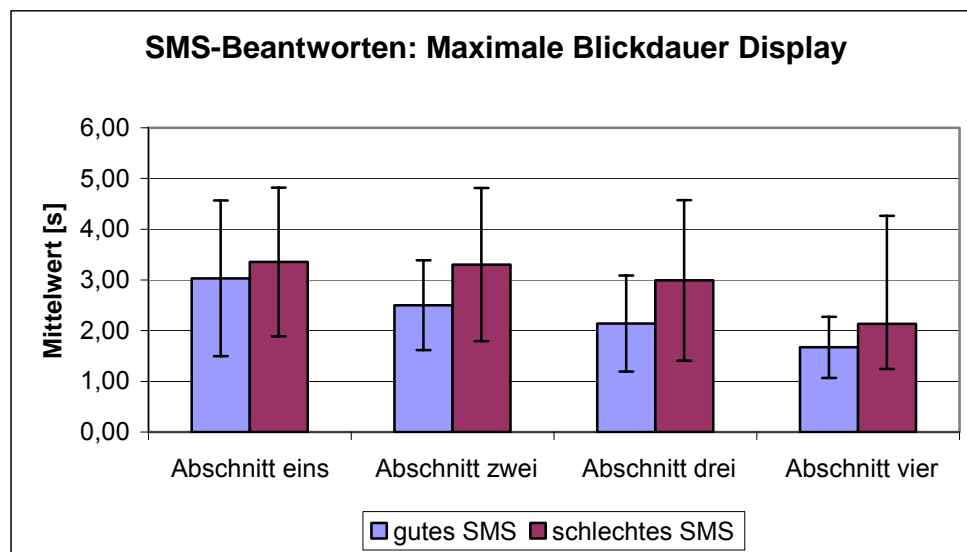


Abbildung 6-18: Mittelwerte und Standardabweichungen für die maximale Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

Es werden nur die Spurfelder für Abschnitt eins und drei ermittelt (vgl. Tabelle 6-24 und Abbildung 6-19). Bei den restlichen beiden Abschnitten können die jeweiligen Spurfelder nicht zweifelsfrei zugeordnet werden. Beim zweiten Abschnitt wird die Menüebene zur Texteingabe ausgeklammert und bei der guten Lösung umfasst der vierte Abschnitt nur eine Menüebene. Anders als erwartet ergibt sich bei Abschnitt eins mit durchschnittlich circa vier Spurfeldern kein signifikanter Unterschied zwischen der guten und schlechten Lösung. Dafür können zwei Erklärungen genannt werden. Erstens wirkt sich wahrscheinlich die Texteingabe nachteilig auf die

insgesamt gute systemergonomische Lösung aus. Zweitens bekommt man nach der subjektiven Beobachtung der Versuchsfahrer während der Versuchsfahrten den Eindruck, dass ein Zusammenhang zwischen der Bedienung des Drehdruckstellers und der Spurhaltequalität besteht. Wie bei der Diskussion des Kennwerts „Überdrehen“ schon angesprochen wurde, muss bei der guten Variante am Bedienelement mehr „gedreht“ werden, was sich gegebenenfalls nachteilig auf die Spurhaltung auswirkt.

SMS-Beantworten: Spurfehler									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,872		-		0,000		-		
Mittelwert []:	3,96	4,04	-	-	0,87	3,17	-	-	
Standardabweichung []:	2,60	2,46	-	-	0,63	1,56	-	-	

Tabelle 6-24:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Spurfehler bei der Beantwortung der SMS. Bei den Abschnitten zwei (Texteingabe ausgeklammert) und vier (mehr sequentielle Schritte als notwendig) werden aus messtechnischen Gründen keine Spurfehler erfasst. Restliche Abschnittsbeschreibung: (1) Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; (3) Simultan statt sequentiell.

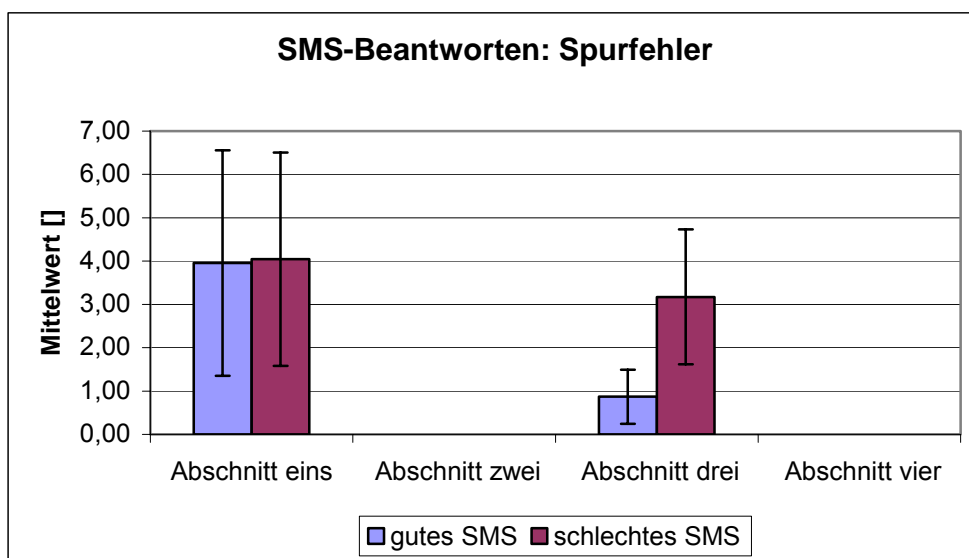


Abbildung 6-19: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Spurfehler bei der Beantwortung der SMS. Bei den Abschnitten zwei (Texteingabe ausgeklammert) und vier (mehr sequentielle Schritte als notwendig) werden aus messtechnischen Gründen keine Spurfehler erfasst. Restliche Abschnittsbeschreibung: (1) Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; (3) Simultan statt sequentiell.

SMS-Beantworten: Durchschnittliche Blickdauer Display									
Abschnitt:	eins		zwei		drei		vier		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,434		0,001		0,039		0,002		
Mittelwert [s]:	1,40	1,44	1,25	1,43	1,23	1,48	1,02	1,39	
Standardabweichung [s]:	0,50	0,44	0,47	0,48	0,52	0,81	0,43	0,51	

Tabelle 6-25:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwert und Standardabweichungen für die mittlere Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

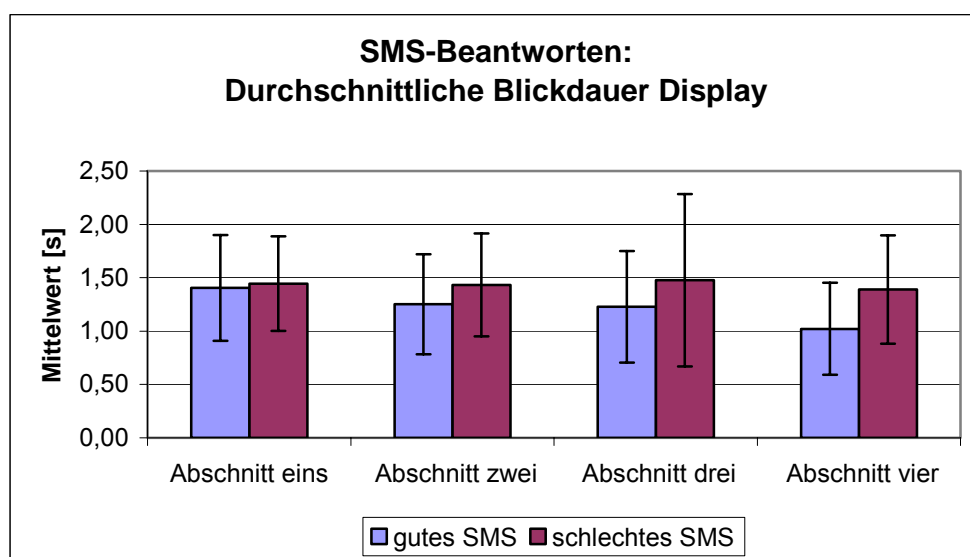


Abbildung 6-20: Mittelwerte und Standardabweichung für die mittlere Blickdauer auf das Display bei der Beantwortung der SMS. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Menüoption „SMS“; Abschnitt zwei: Texteingabe ausgeklammert; Abschnitt drei: Simultan statt sequentiell; Abschnitt vier: Mehr sequentielle Schritte als notwendig.

Die Werte der durchschnittlichen Blickdauer auf das Display (siehe Tabelle 6-25 und Abbildung 6-20) verhalten sich anders als erwartet. Zwar ist wie prognostiziert kein Unterschied bei Abschnitt eins festzustellen. In beiden Fällen bewegt sich dieser Kennwert im Mittel bei etwa 1,4 Sekunden mit einer Standardabweichung von circa 0,5 Sekunden. Dagegen zeigen die übrigen drei Abschnitte signifikante Unterschiede. Die Ergebnisse aus dem zweiten Abschnitt belegen erneut die nachteilige Auswirkung der schwierigen Texteingabe auf die ansonsten leicht zu bedienende Variante. Währenddessen sind die dritten und vierten Abschnitte bei der schlechten Lösung so verwirrend gestaltet, dass die Fahrer im Schnitt länger von der Straße weg sehen.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der SMS-Aufgabe die Hypothese Bed\_1, wonach ein Aufgabendesign, das vom systemergonomischen Soll abweicht, stärker den Fahrer ablenkt als eine Variante, welche die systemergonomische Vorgabe abbildet. Die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer sind bei der schlechten Lösung generell länger als notwendig. Bei den betrachteten Teilabschnitten zwei bis vier ergeben sich auch bei der maximalen und durchschnittlichen Blickdauer signifikante Unterschiede zu Gunsten der systemergonomisch guten Lösung.

Gleiches ist im Wesentlichen bei den Bedienfehlern festzustellen. Allerdings beweisen die betrachteten Abschnitte eins und zwei ebenfalls, wie ein schlechter Teilbereich das Gesamtverhalten einer Auslegung negativ beeinflussen kann. Das Texteingabefeld, was einen zentralen Bestandteil der Aufgabe darstellt, ist offenbar so ablenkend gestaltet, dass davon das Gesamtdesign der guten Lösung beeinträchtigt wird. Es sind somit die Detaillösungen, welche die Ablenkungswirkung der Systemgestaltung mitprägen. Die Abschnitte drei und vier behandeln gesondert den Einfluss der ungünstigen Gestaltung von sequentiellen und simultanen Bedienvorgängen im Detail. Der dritte Aufgabenabschnitt offenbart mit den gemessenen längeren Bedien- und Blickzeiten auf das Display die stärkere Ablenkung einer simultanen Anordnung von eigentlich sequentiellen Schritten. Gleichzeitig kommt es zu signifikant häufigeren Bedienfehlern. Schließlich bekräftigt der vierte Abschnitt nochmals die Rückschlüsse aus der Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“, wonach eine unnötige Vermehrung von sequentiellen Schritten den Anwender stärker ablenkt. Zusätzlich unterstützen die Antworten der Versuchspersonen die Hypothese Sub\_1. Die schlechte Variante wird wie schon bei den vorangegangenen Versuchsaufgaben nachteilig bewertet. Dagegen trifft die Annahme Sub\_2 nur bedingt zu. Die Antworten zum Blickverhalten und der Konzentration auf das Fahren ergeben keine oder nicht interpretierbare Unterschiede. Gleichzeitig wird die Spurhaltung von den Probanden für die gute Lösung signifikant besser bewertet, obwohl die objektiven Spurhaltewerte keine Differenzen aufweisen. Offensichtlich sind sich die Fahrer der vielen gemachten Spurfehler bewusst, weshalb sie daraus gemeinsam mit der schwierig erscheinenden Aufgabe den irrigen Schluss ableiten, dass die gehaltene Spur bei der guten Variante besser ist.

### 6.2.6 Navigationsziel eingeben

Ähnlich wie bei der SMS-Aufgabe sind auch in der Versuchsaufgabe „Navigationsziel eingeben“ zur Untersuchung der Hypothese Bed\_1 verschiedene mögliche Abweichungen vom systemergonomischen Soll bezüglich der Bedienung realisiert. Die Versuchsperson bekommt die Aufgabe gestellt, beim letzten gewählten Navigationsziel die Hausnummer und die Routenwahl abzuändern. Dafür stehen zwei Varianten zur Verfügung, die mit Hilfe eines t-Tests für abhängige Stichproben auf Unterschiede überprüft werden. Nachfolgend werden die Beurteilungen der Versuchspersonen, die Einschränkungen bei der Auswertung, alle aufgestellten Einzelhypothesen und die Ergebnisse sowie Interpretationen erläutert.

Navigationsziel eingeben: Fahrerbewertung								
	Aufgabe leicht lösen		Spur gut halten		Straße gut im Auge		Konzentration	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
α-Fehler:	0,000		0,001		0,000		0,000	
Mittelwert []:	2,56	4,48	2,64	3,56	2,80	3,88	2,76	3,92
Standardabweichung []:	1,08	1,33	0,81	1,29	0,87	1,24	0,93	1,32

Tabelle 6-26: Fahrerbewertung der guten und schlechten Navigationsaufgabe

In Tabelle 6-26 sind die Resultate der Fahrerbewertung für die beiden Navigationsvarianten aufgeführt. Das systemergonomisch ungünstige Navigationssystem bekommt für die Lösbarkeit der Aufgabe mit einer Durchschnittsbeurteilung von 4,5 den schlechtesten Wert aller Versuchsaufgaben. Anders als bei den bisher vorgestellten Systemauslegungen schneidet die gute

Lösung bei allen Fragen signifikant besser ab. Offensichtlich empfinden die Probanden die schlechte Ausprägung so störend, dass sogar die Fragen nach der Spurhaltung, Beobachtung der Straße und der Konzentration auf das Fahren deutlich schlechter beurteilt werden.

Bei der Auswertung der objektiven Daten werden zwei Aufgabenabschnitte unterschieden. Der erste Abschnitt gilt ab der ersten Anzeige des letzten Ziels bis zur Erfüllung der Aufgabenstellung. Abschnitt zwei entspricht der ersten Sequenz. Nur werden in diesem Fall die Menüebenen, bei denen die Hausnummer oder die passende Route einzugeben sind, ausgeklammert, da diese in beiden Varianten identisch sind. Somit sind mit dem zweiten Abschnitt ausschließlich die wirklichen Systemabweichungen vergleichbar. Es gehen nur Werte von Versuchspersonen in die Analyse ein, die beide Varianten erfolgreich absolvieren konnten. Darum werden drei Versuchsfahrten in die Auswertung nicht mit aufgenommen. Die vorherrschende Verkehrssituation ist bei allen Versuchsfahrten ähnlich, so dass unter diesem Aspekt keine Werte auszuschließen sind.

Ausgehend von der Bedienhypothese Bed\_1 ist zu erwarten, dass bei beiden Abschnitten die gute Aufgabenausprägung bei folgenden sieben Kenngrößen signifikant besser abschneidet. Wegen der schlechteren Auslegung werden die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer länger ausfallen. Gleichzeitig werden die Versuchspersonen signifikant mehr Bedienfehler begehen, weil die Probanden durch die ungünstige Systemgestaltung in ein Bedienschema gezwängt werden, das den eigenen Vorstellungen weitgehend widerspricht. Deshalb werden die Parameter Überdrehen, falsche Menüauswahl und Bedienfehlerquotient bei der guten Version deutlich niedriger sein. Diese Ablenkung spiegelt sich auch in der Anzahl an gemachten Spurfehlern wieder. Schließlich wird die maximale Blickdauer bei der schlechten Variante deutlich höher liegen, weil die verwirrende Menügestaltung die Aufmerksamkeit der Fahrer stärker auf sich ziehen wird. Lediglich bei der durchschnittlichen Blickdauer werden sich erneut keine großen Unterschiede ergeben, weil die Fahrer im Mittel stets bestrebt sind, sich von einer tertiären Aufgabe nicht zu stark ablenken zu lassen.

Navigationsziel eingeben									
	Bediendauer				Kumulierte Blickdauer				
	Abschnitt eins		Abschnitt zwei		Abschnitt eins		Abschnitt zwei		
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	
$\alpha$ -Fehler:	0,000		0,000		0,000		0,000		
Mittelwert [s]:	44,45	127,39	24,58	106,57	30,38	93,00	17,60	78,53	
Standardabweichung [s]:	20,96	68,22	13,40	62,46	16,62	53,15	10,38	47,49	

*Tabelle 6-27:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauer und kumulierte Blickdauer auf das Display bei der Navigationszieleingabe. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Anzeige des letzten Ziels; Abschnitt zwei: Hausnummereingabe und Routenauswahl ausgeklammert.*



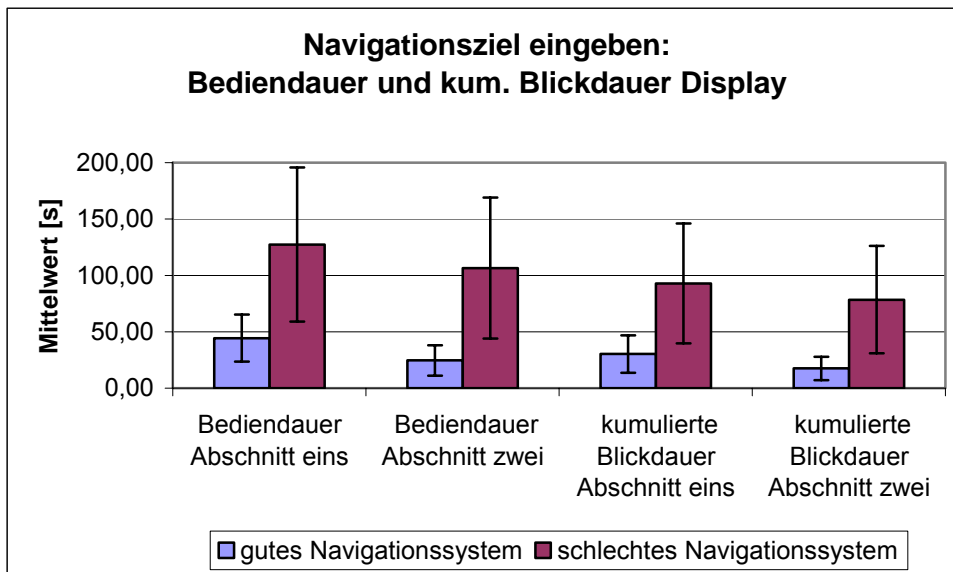


Abbildung 6-21: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauer und kumulierte Blickdauer auf das Display bei der Navigationszeileingabe. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Anzeige des letzten Ziels; Abschnitt zwei: Hausnummereingabe und Routenauswahl ausgeklammert.

Die Ergebnisse der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer sind in Tabelle 6-27 und Abbildung 6-21 dargestellt. Die aufgestellte Prognose wird bestätigt und es treten bei beiden Abschnitten jeweils signifikante Unterschiede auf. Die schlechte Variante ist im Verhältnis zur systemergonomisch guten Lösung so schwierig zu bedienen, dass bei Abschnitt eins fast eine Verdreifachung der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer auftritt.

Navigationsziel eingeben								
	Überdrehen				Falsche Menüauswahl			
	Abschnitt eins		Abschnitt zwei		Abschnitt eins		Abschnitt zwei	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
$\alpha$ -Fehler:	0,844		0,139		0,000		0,000	
Mittelwert []:	1,45	1,55	1,45	0,77	0,32	8,27	0,32	8,27
Standardabweichung []:	1,97	1,68	1,97	1,11	0,57	4,38	0,57	4,38

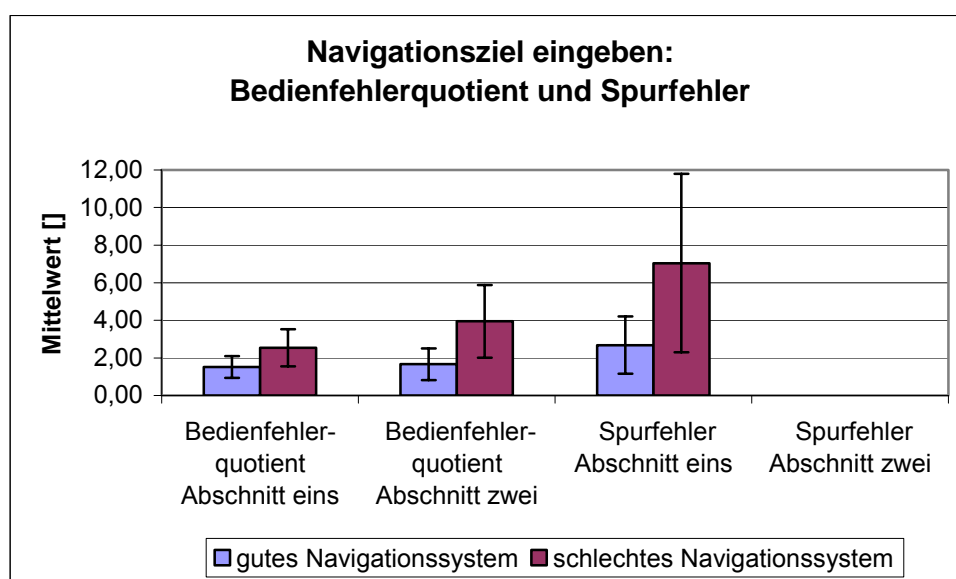
Tabelle 6-28:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für Überdrehen und falsche Menüauswahl bei der Navigationszeileingabe. Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Anzeige des letzten Ziels; Abschnitt zwei: Hausnummereingabe und Routenauswahl ausgeklammert.

Die Kenngröße Überdrehen (vgl. Tabelle 6-28) zeigt dagegen im ersten Abschnitt keine Unterschiede. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beim Vergleich des zweiten Abschnitts liegt im nichtaussagekräftigen Bereich. Dabei verändern sich die Mittelwerte bei der guten Lösung zwischen den beiden betrachteten Sequenzen nicht. Dafür sinken die Überdrehfehler bei der schlechten Systemauslegung, wenn im zweiten Abschnitt die Menüebenen für die Eingabe für Hausnummer und Route ausgeklammert werden. Dies ist damit zu begründen, dass die schlechte Version primär sequentiell gestaltet ist und somit ein Überdrehen selten auftritt. Sehr viel anders verhält es sich bei der falschen Menüauswahl (vgl. Tabelle 6-28). Anhand des signifikanten Unterschieds zu Gunsten der guten Version erkennt man, dass der Anwender sich bisweilen in der systemergonomisch schlechten Variante nicht mehr

zu Recht findet und im Schnitt 8,27-mal falsche Menüoptionen auswählt. Diese Orientierungslosigkeit wird auch durch den Bedienfehlerquotienten (siehe Tabelle 6-29 und Abbildung 6-22) bestätigt, der bei beiden Abschnitten signifikant höher liegt.

Navigationsziel eingeben							
	Bedienfehlerquotient				Spurfehler		
	Abschnitt eins		Abschnitt zwei		Abschnitt eins		Abschnitt zwei
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut
$\alpha$ -Fehler:	0,000		0,000		0,000		-
Mittelwert []:	1,51	2,54	1,66	3,95	2,68	7,05	-
Standardabweichung []:	0,58	0,99	0,85	1,94	1,52	4,75	-

*Tabelle 6-29:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für Bedienfehlerquotient und Spurfehler bei der Navigationszieleingabe. Die Spurfehler können aus messtechnischen Gründen bei Abschnitt zwei (Hausnummereingabe und Routenauswahl ausgeklammert) nicht bestimmt werden. Beschreibung Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Anzeige des letzten Ziels.*



*Abbildung 6-22: Mittelwerte und Standardabweichung für Bedienfehlerquotient und Spurfehler auf das Display bei der Navigationszieleingabe. Die Spurfehler können aus messtechnischen Gründen bei Abschnitt zwei (Hausnummereingabe und Routenauswahl ausgeklammert) nicht bestimmt werden. Beschreibung Abschnitt eins: Gesamte Aufgabe ab Anzeige des letzten Ziels.*

Der Spurfehler kann nur für den Abschnitt eins zweifelsfrei bestimmt werden, da eine eindeutige Zuordnung von Spurabweichungen zu den ausgeklammerten Menüebenen bei der zweiten Sequenz nicht möglich ist. Wie Tabelle 6-29 und Abbildung 6-22 entnommen werden kann, treten beim schlechten Navigationssystem signifikant mehr Spurfehler auf. Die schon bei den Bedienfehlern feststellbare Verwirrung der Anwender verursacht offensichtlich auch einen deutlichen Anstieg der Spurfehler.



Navigationsziel eingeben								
	Maximale Blickdauer				Durchschnittliche Blickdauer			
	Abschnitt eins		Abschnitt zwei		Abschnitt eins		Abschnitt zwei	
Variante:	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht	gut	schlecht
$\alpha$ -Fehler:	0,009		0,003		0,930		0,006	
Mittelwert [s]:	2,90	3,66	2,53	3,55	1,48	1,49	1,22	1,45
Standardabweichung [s]:	1,05	1,64	0,85	1,69	0,52	0,49	0,37	0,48

Tabelle 6-30:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die maximale und mittlere Blickdauer bei der Navigationszieleingabe

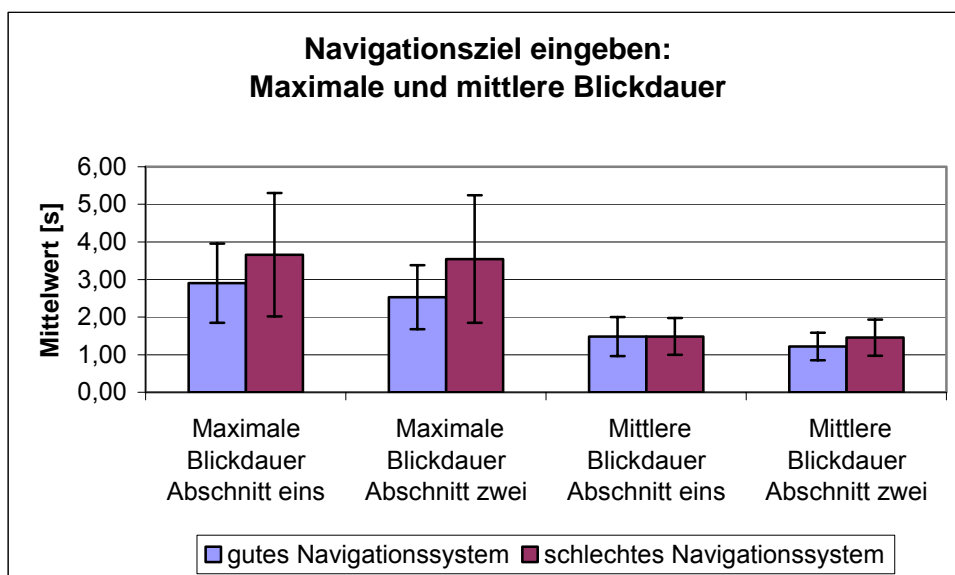


Abbildung 6-23: Mittelwerte und Standardabweichungen für Bedienfehlerquotient und Spurfehler auf das Display bei der Navigationszieleingabe

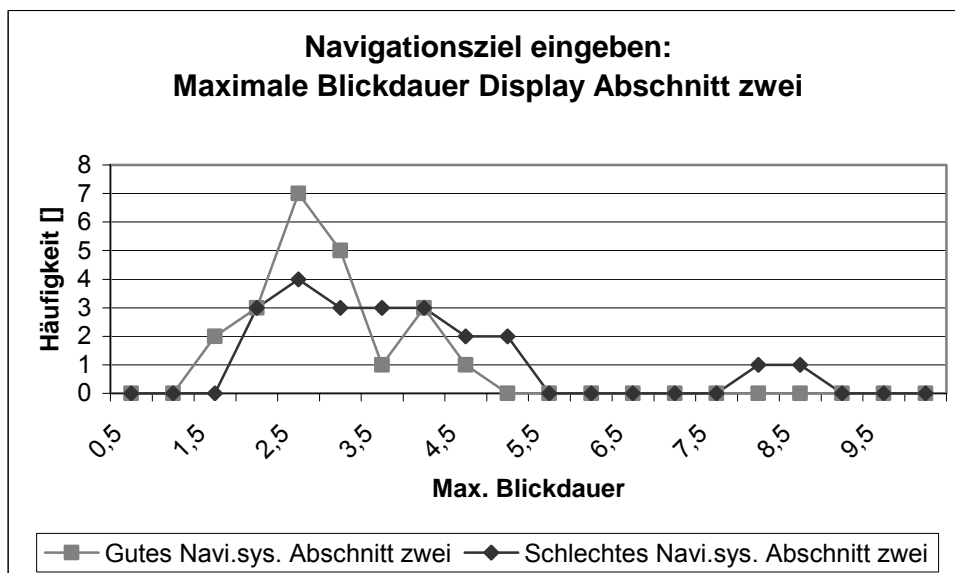


Abbildung 6-24: Verteilung der maximalen Blickdauer des zweiten Auswerteabschnitts bei der Eingabe des Navigationsziels

In Tabelle 6-30 und Abbildung 6-23 sind die maximale und die mittlere Blickdauer aufgetragen. Wie erwartet, verursacht bei beiden Abschnitten das schlechte Konzept

einen signifikanten Anstieg der maximalen Blickdauer. Die durchschnittliche maximale Blickdauer ist in Abschnitt zwei im Mittel kürzer. Das bedeutet, die längsten Blickzeiten ergeben sich bei den ausgeklammerten Menüebenen. Es kann davon ausgegangen werden, dass dabei die Eingabe der Hausnummer die langen Blickzeiten auf das Display verursachen. Diese Oberfläche ähnelt der des Telefons (vgl. Abbildung 4-17) und stellt hohe visuelle Anforderungen an den Anwender. In Abschnitt zwei werden diese für beide Systemvarianten identischen Oberflächen bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Abbildung 6-24 zeigt wie die maximalen Blickzeiten für diesen Abschnitt zu Lasten der systemergonomisch schlecht gestalteten Lösung verteilt sind. Diese Verteilung beeinflusst auch die Ergebnisse der mittleren Blickdauer auf das Display. Bei Abschnitt eins ergeben sich bei dieser Kenngröße keine Unterschiede zwischen den Varianten. Werden allerdings die Menüebenen zur Hausnummereingabe und Routenwahl bei der Auswertung weggelassen, ergibt sich eine signifikante Differenz. Die Blickzeiten bei der Nummerneingabe belasten durchschnittlich betrachtet das gute System viel stärker als die schlechte Lösung. Daher reduziert sich die mittlere Blickdauer auf das Display bei der guten Systemausprägung bei Ausklammerung der entsprechenden Oberfläche merklich. Der Parameter wird dabei im Mittel von 1,48 Sekunden auf 1,22 Sekunden vermindert. Ein Indiz, dass die Nummerneingabe im Verhältnis zur restlichen guten Systemgestaltung komplizierter kognitiv zu verarbeiten ist.

Die zusammengefassten Ergebnisse der Versuchsaufgabe „Navigationsziel eingeben“ bestätigen die Bedienhypothese Bed\_1. Eine Verlängerung der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer beweist die stärkere Ablenkung der Aufgabenauslegung, die vom systemergonomischen Soll abweicht. Gleichzeitig treten signifikante Unterschiede bei den Spurfehlern auf. Die Kenngrößen falsche Menüauswahl und Bedienfehlerquotient offenbaren, dass der Anwender häufig in der schlechten Ausprägung seine Orientierung verliert, weil das vom System dargebotene Bedienschema nicht mit seinen inneren Erwartungen konform ist. Dies verursacht auch eine signifikant höhere maximale Blickdauer auf das Display. Obwohl, wie die durchschnittliche Blickdauer beweist, die Fahrer stets bemüht sind, ihre kognitiven Ressourcen auf die primären und tertiären Aufgaben ausgeglichen zu verteilen, verlagert sich die Aufmerksamkeit verstärkt zur tertiären Aufgabe, wenn diese zu schwierig wird. Die maximale Blickdauer macht diese Verlagerung kenntlich. Die Schwierigkeiten der Aufgabe fundieren jedoch nicht auf visuell besonders anspruchsvolle Menüoberflächen, sondern sind ein Resultat der komplizierten Menüstruktur. Ausgenommen von der Oberfläche zur Eingabe der Hausnummer besteht die systemergonomisch schlechte Auslegung im Wesentlichen nur aus sequentiell angeordneten, simplen Menüebenen mit maximal drei simultanen Optionen. Abschnitt zwei beschränkt sich bei der Auswertung ausschließlich auf diese trivialen Menüebenen und liefert sowohl für die maximale als auch für die durchschnittliche Blickdauer signifikante Unterschiede. Die Hypothese Sub\_1 wird erneut von den Bewertungen durch die Versuchspersonen bekräftigt. Die schlechte Variante wird sehr deutlich als schwerer empfunden. Allerdings widersprechen die Antworten zu den restlichen drei Fragen der Annahme Sub\_2. Anders als erwartet, stufen die Probanden in diesem Fall ihre eigene Fahrleistung bei der ungünstigen Systemauslegung signifikant schlechter ein. Offensichtlich erwarten die Fahrer bei einer mittleren Bediendauer von über zwei Minuten und häufigen Bedien- sowie Spurfehlern von sich selbst keine besonders guten Fahrleistungen mehr.

### 6.3 Führungsart

Die Führungsart beschreibt eine Aufgabe anhand der örtlichen und zeitlichen Einschränkung. Dabei wird zwischen statischen und dynamischen Aufgaben unterschieden. Vom Wesen her sind tertiäre Aufgaben statisch. Allerdings können mit Hilfe einer Rücksprungfunktion diese dynamisch gestaltet werden. Für die Führungsart sind zwei Hypothesen aufgestellt. Demzufolge ist eine dynamische Aufgabe ablenkender als eine statische. Außerdem wird angenommen, dass eine tertiäre Aufgabe umso stärker ablenkt, je dynamischer diese gestaltet ist. In der entsprechenden Versuchsaufgabe muss die Versuchsperson einen Termin nachsehen. Es bestehen vier Varianten, wovon drei mit Rücksprungetzeiten von drei, vier und fünf Sekunden ausgestattet sind. Die vierte Variante ist statisch und besitzt keinen automatischen Rücksprung. Die vier Systemauslegungen unterscheiden sich nur hinsichtlich der Rücksprungetzeiten. Die notwendigen Bedienschritte sind dagegen immer gleich. Die vier Aufgabenausprägungen werden mit der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und einer angeschlossenen Bonferoni-Korrektur auf Unterschiede untersucht. Die Ergebnisse dieser Analyse werden in diesem Abschnitt vorgestellt. Hierzu sind zuerst die Antworten der Versuchspersonen kurz erläutert. Nach einer knappen Beschreibung der analysierten Aufgabenabschnitte und verwendeten Messwerte werden für die betrachteten Kenngrößen Einzelhypothesen formuliert. Schließlich sind die Ergebnisse aufgelistet und interpretiert.

Führungsart - Terminkalender: Fahrerbewertung																
	Aufgabe leicht lösen				Spur gut halten				Straße gut im Auge				Konzentration			
Rücksprung [s]:	kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei
Mittelwert []:	2,20	2,76	2,56	3,20	2,92	2,80	2,68	3,12	2,88	2,80	2,80	3,16	2,80	2,88	2,76	3,12
Standardabw. []:	1,19	1,67	1,53	1,76	1,12	1,00	1,07	1,30	0,97	0,91	1,08	1,40	1,04	0,97	1,09	1,24

*Tabelle 6-31: Bewertung der vier Aufgabenvarianten zur Untersuchung der Führungsart durch die Versuchspersonen. Die Varianzanalyse hat keine Unterschiede in den Antworten ergeben, weshalb keine  $\alpha$ -Fehler für Einzelvergleiche aufgelistet sind.*

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Einschätzungen der Aufgabenausprägungen durch die Versuchspersonen sind in Tabelle 6-31 aufgelistet. Die Varianzanalyse hat bei den Fragen nach der Schwierigkeit der Aufgabe ( $\alpha = 0,062$ ), Spurhaltung ( $\alpha = 0,166$ ), Beobachtung der Straße ( $\alpha = 0,228$ ) und Konzentration beim Fahren ( $\alpha = 0,279$ ) keine Unterschiede aufgedeckt. Alle Versuchsaufgaben erscheinen den Probanden im Schnitt gleich.

Bei der Analyse der objektiven Messdaten wird nur ein Aufgabenabschnitt betrachtet. Dieser ist definiert durch den Zeitraum ab Betreten der ersten Menüebene, die über einen automatischen Rücksprung verfügt, bis zur Erfüllung der Aufgabe. Bei der statischen Aufgabenauslegung wird die den dynamischen Varianten entsprechende Menüebene als Startpunkt festgelegt. Die Messwerte der vier Versuchspersonen, die an mindestens einer Aufgabenausprägung gescheitert sind, gehen in die Auswertung nicht mit ein. Nicht bei allen Streckenabschnitten herrscht bei der Bearbeitung der Aufgabe freier Verkehr. Dennoch kann wegen der gleichmäßigen Verteilung insgesamt von vergleichbaren Verkehrssituationen ausgegangen werden.

Zur Überprüfung der zwei Hypothesen Führ\_1 und Führ\_2 werden sechs Kenngrößen herangezogen. Es wird erwartet, dass sich bei allen drei

Rücksprungzeiten die folgenden vier Größen von der statischen Aufgabenvariante signifikant unterscheiden. Durch auftretende Rücksprünge werden die Anwender laufend zum Ausgangspunkt zurückgeworfen, wodurch sich die Bediendauer verlängert. Diese längere Bediendauer wirkt sich ebenfalls auf die kumulierte Blickdauer aus. Wegen der Rücksprünge kommt der Anwender in einen zeitlichen Zugzwang, der vermehrte Bedienfehler verursacht. Somit ist auch ein Anstieg der Bedienfehlerquotienten zu erwarten. Insgesamt werden von der dynamischen Aufgabe mehr kognitive Ressourcen beansprucht, so dass die Spurfehler zunehmen. Dagegen werden für die beiden Kenngrößen durchschnittliche Blickdauer und maximale Blickdauer auf das Display keine Unterschiede erwartet, vor allem weil der Benutzer bei allen vier Varianten mit den jeweils identischen Oberflächen konfrontiert wird. Bei dynamischen Aufgaben ist in keinem Fall eine Verlängerung der mittleren Blickdauer zu erwarten. Es kann eher zu einer Verkürzung kommen, da die Versuchsperson zur Lösung der Aufgabe die Strategie verfolgen kann, die notwendigen Informationen der tertiären Aufgabe und der Verkehrssituation mit kürzeren Blicken zu erfassen. Aus dem gleichen Grund ist eine Änderung der maximalen Blickdauer ebenfalls nicht vorherzusehen.

Führungsart: Terminkalender									
		Bediendauer				Kumulierte Blickdauer			
Rücksprung [s]		kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei
$\alpha$ -Fehler	kein		0,687	1,000	0,119		0,600	0,601	0,037
	fünf			1,000	0,428			1,000	0,508
	vier				0,255				0,151
	drei								
Mittelwert [s]:		22,18	30,30	28,64	72,52	13,66	19,31	17,71	36,75
Standardabw. [s]:		10,08	20,35	18,98	92,64	5,35	13,40	10,29	37,48

Tabelle 6-32:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer und kumulierten Blickdauer beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender

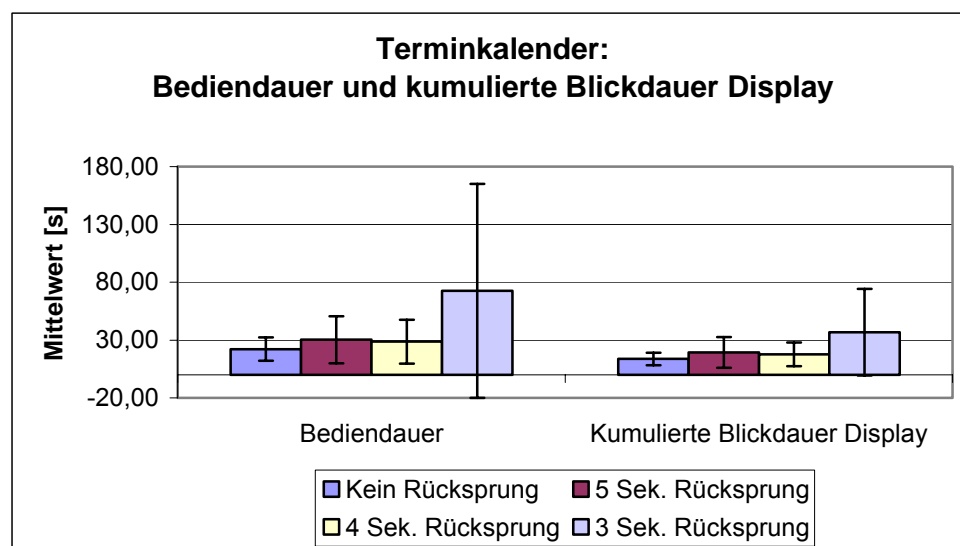


Abbildung 6-25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer und kumulierten Blickdauer beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender

Bediendauer und kumulierte Blickdauer sind in Tabelle 6-32 und Abbildung 6-25 zusammengefasst. Die Irrtumswahrscheinlichkeit der Bediendauer für den Vergleich zwischen der statischen Aufgabe und der Aufgabenvariante mit drei Sekunden

Rücksprung liegt im nicht aussagefähigen Bereich. Alle anderen  $\alpha$ -Fehler ergeben keine Unterschiede. Für die kumulierte Blickdauer auf das Display liefert nur der Vergleich statische Aufgabenauslegung gegen dynamische Variante mit drei Sekunden Rücksprung ein signifikantes Ergebnis zu Lasten der dynamischen Aufgabe. Der Vergleich drei und vier Sekunden lässt dagegen eine statistisch fundierte Aussage nicht zu und alle anderen Gegenüberstellungen zeigen keine Unterschiede.

Führungsart: Terminkalender									
		Bedienfehlerquotient				Spurfehler			
Rücksprung [s]		kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei
$\alpha$ -Fehler	kein		0,141	0,217	0,034		0,280	0,716	0,012
	fünf			1,000	0,343			1,000	1,000
	vier				0,166				0,086
	drei								
Mittelwert []:		1,18	1,41	1,42	2,10	1,24	2,10	1,67	2,62
Standardabw. []:		0,14	0,40	0,46	1,32	0,94	1,97	1,06	1,69

Tabelle 6-33:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen von Bedienfehlerquotient und Spurfehler beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender

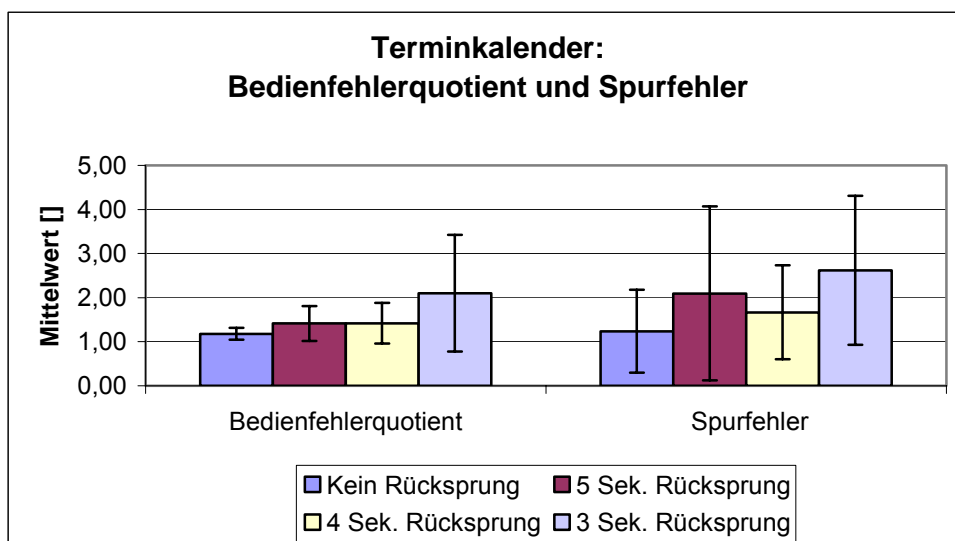


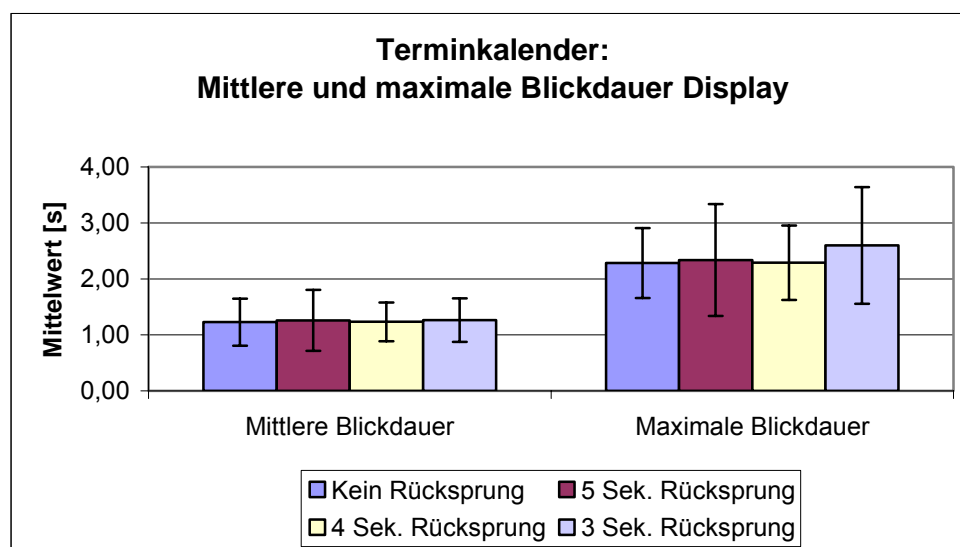
Abbildung 6-26: Mittelwerte und Standardabweichungen von Bedienfehlerquotient und Spurfehler beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender

Die zwei Kenngrößen für die bei der Bearbeitung der Terminkalenderaufgabe aufgetretenen Fehler sind Tabelle 6-33 und Abbildung 6-26 zu entnehmen. Der Bedienfehlerquotient weist signifikant weniger Fehler bei der Variante ohne Rücksprung im Vergleich zu der sehr dynamischen Aufgabe auf. Die beiden anderen Rücksprungzeiten liefern bei der Gegenüberstellung mit der statischen Aufgabe keine eindeutigen Werte. Es besteht kein Unterschied zwischen fünf Sekunden und vier Sekunden sowie fünf Sekunden und drei Sekunden Rücksprungzeit. Der  $\alpha$ -Fehler für den Vergleich zwischen vier und drei Sekunden liegt im nicht aussagefähigen Bereich. Ähnlich präsentiert sich der Spurfehler. Nur der Vergleich der beiden Extreme ergibt einen signifikanten Unterschied. Alle restlichen  $\alpha$ -Fehler

liegen über 25 %. Nur für die Gegenüberstellung der Rücksprungzeiten von drei und vier Sekunden ist keine statistisch abgesicherte Aussage möglich.

Führungsart: Terminkalender								
	Durchschnittliche Blickdauer				Maximale Blickdauer			
Rücksprung [s]:	kein	fünf	vier	drei	kein	fünf	vier	drei
Mittelwert [s]:	1,23	1,26	1,24	1,27	2,28	2,34	2,29	2,60
Standardabw. [s]:	0,42	0,54	0,35	0,39	0,62	1,00	0,66	1,04

*Tabelle 6-34: Mittelwerte und Standardabweichungen von durchschnittlicher und maximaler Blickdauer beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender. Die Varianzanalysen ergeben keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Varianten, weshalb keine  $\alpha$ -Fehler aufgelistet sind.*



*Abbildung 6-27: Mittelwerte und Standardabweichungen von durchschnittlicher und maximaler Blickdauer beim Auslesen von Information aus dem Terminkalender*

Tabelle 6-34 und Abbildung 6-27 geben die durchschnittliche und maximale Blickdauer auf das Display wieder. Weder bei der durchschnittlichen Blickdauer ( $\alpha = 0,965$ ) noch bei der maximalen Blickdauer ( $\alpha = 0,325$ ) ergeben die Varianzanalysen einen signifikanten Unterschied.

Im Ganzen lassen die Ergebnisse vermuten, dass eine Rücksprungzeit von drei Sekunden signifikant ablenkender ist als eine statische Aufgabe. Die beiden restlichen dynamischen Varianten liefern dagegen keinen eindeutigen Trend. Sie vermitteln allerdings den Eindruck, dass sie sich in der Ablenkungswirkung nicht von der statischen Aufgabe unterscheiden. Ob dieser Eindruck in Wirklichkeit so ist, kann auf Basis der Messwerte nicht eindeutig bestimmt werden, da das Versuchsdesign zwei Schwächen in sich birgt, die sich auch in den indifferenten Antworten der Versuchspersonen widerspiegeln. Erstens stellen sich die unterschiedlichen Systemausprägungen den Versuchspersonen nicht eindeutig als Aufgabenvarianten dar, wodurch wegen verschiedener Lerneffekte die Ergebnisse unscharf werden. Um die Messergebnisse eindeutig vergleichen zu können, folgen alle Aufgabenvarianten einem fast gleichen Bedienschema. Das hat allerdings gleichzeitig den Nachteil, dass anders als bei den übrigen Versuchsaufgaben die Probanden stärker auf das notwendige Bedienschema trainiert werden. Zweitens ist den Versuchspersonen beim Bedienen des Systems nicht klar, welches Zeitfenster für die Ausführung zur

Verfügung steht. Im Idealfall müsste der Fahrer zuerst die Variante ohne Rücksprung bedienen. Die nächsten Aufgabenauslegungen würden sich in einer absteigenden Rücksprungzeitenfolge anschließen. In jedem Fall würde die Versuchsperson von einem neuen, kleineren Zeitfenster überrascht werden. Ist beispielsweise im Gegensatz dazu, zuerst die dynamischste Variante zu bearbeiten, wird das Bedienverhalten der Versuchsperson sofort durch ein kurzes Zeitfenster geprägt. Die Unterschiede zwischen den Auslegungen in der Bearbeitung werden damit verschwindend klein und sind vor allem mit der konservativen Bonferoni-Korrektur kaum aufzudecken. Die Reihenfolge der Aufgabenstellung muss jedoch zufällig sein, um sonstige Lerneffekte auszuschließen. Gegebenenfalls wäre es besser gewesen, verschiedene Varianten zu stellen, die von der Bedienfolge her sehr ähnlich sind und sich nur in den Rücksprungzeiten unterscheiden. Gleichzeitig müssten diese aber von den Versuchspersonen als vollständig eigenständige Aufgaben angesehen werden. So könnte analog zur Terminabfrage nach einem Namen im Adressbuch gefragt werden. Ob allerdings in diesem Fall davon ausgegangen werden kann, dass die beiden Aufgaben ähnliche innere Modelle bei den Probanden bilden und damit vergleichbar bleiben, bleibt fraglich. Jedes gewählte Aufgabendesign hat demnach seine Vor- und Nachteile. Jedenfalls offenbaren die Ergebnisse der Terminkalenderaufgabe, dass eine Rücksprungzeit von drei Sekunden deutliche Nachteile in sich birgt und auch mit einer gewissen Übung nicht zu meistern ist. Dagegen ist den Ergebnissen der Rücksprungzeiten von vier und fünf Sekunden zu entnehmen, wie diese vor allem von erfahrenen Benutzern trotz Rücksprünge fast gleichwertig zu einer statischen Aufgabe bedient werden können. Ein gleichwertiger Bedienkomfort ist allerdings wegen der auftretenden Rücksprünge nicht zu erwarten. Schließlich sind Aussagen bezüglich der Annahmen Sub\_1 und Sub\_2 wegen des gewählten Aufgabendesigns nicht zu treffen. Die Antworten der Versuchspersonen legen lediglich dar, dass die Rücksprungzeiten keinen Einfluss auf die Bewertung der Versuchsaufgabe haben.

## 6.4 Aufgabenart

Die Aufgabenart beschreibt die Art der Einbindung des Menschen in den Arbeitsprozess. Es kann zwischen einer aktiven oder monitiven Aufgabe unterschieden werden. Bei einer aktiven Rolle bedient der Mensch die Maschine direkt. Eine monitiv gestaltete Aufgabe ist durch die Beobachtung eines automatischen Vorgangs gekennzeichnet, der nur bei einem Fehler vom Menschen unterbrochen wird. Für die Aufgabenart ist die Hypothese Auf\_1 formuliert. Demnach ist eine monitive tertiäre Aufgabe unter zwei Voraussetzungen weniger ablenkend als eine aktive Alternative. Dafür muss entweder der Automat leicht zu starten sein und fehlerfrei ablaufen oder der Startvorgang ist leicht zu bedienen und ein auftretender Fehler ist einfach zu beheben. Zur Untersuchung wird eine Versuchsaufgabe mit acht Varianten gebildet, wovon zwei aktiver Art sind. Die monitiven Aufgaben unterscheiden sich in der Schwierigkeit des Starts, der Fehlerhäufigkeit und in der Korrigierbarkeit von auftretenden Fehlern. Die Versuchsperson bekommt die Aufgabenstellung einen bestimmten Radiosender einzustellen. Die acht Aufgabenvarianten werden mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung analysiert. Wegen der möglichen  $\alpha$ -Fehlerkumulierung wird bei den Einzelvergleichen eine Bonferoni-Korrektur angewendet. Die Ergebnisse dieser Einzelvergleiche sind Gegenstand dieses Abschnittes. Dafür wird sehr kurz auf die Einschätzung der Versuchspersonen eingegangen. Es folgt eine Beschreibung des



betrachteten Aufgabenabschnitts und der in die Auswertung eingeflossenen Messwerte. Für die Überprüfung der aufgestellten Hypothese ist es sinnvoll, sieben Vergleichsgruppen näher zu betrachten. Für jede dieser Vergleichsgruppen werden die entsprechenden Einzelhypothesen und Ergebnisse vorgestellt und abschließend interpretiert.

Die Antworten der Versuchspersonen unterscheiden sich zwar im Mittel, allerdings können nur wenige signifikante Unterschiede gefunden werden. Die Bonferoni-Korrektur ist in der Tendenz so konservativ angelegt, dass wegen der 28 Vergleiche sehr scharfe Unterschiede zwischen den Aufgabenvarianten auftreten müssen, um signifikante  $\alpha$ -Fehler zu finden. Diese sind allerdings wegen der beschränkten Anzahl an Versuchspersonen und der gewählten sechsstufigen Antwortskala kaum zu erzielen. Daher reduziert sich die Tabelle 6-35 auf die Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der Antworten zur Einschätzung der acht Aufgabenvarianten. Die einzelnen  $\alpha$ -Fehler sind aus Platzgründen nicht eingezeichnet, weil insgesamt mit den gefundenen Werten keine einheitlichen Aussagen bezüglich der Beurteilungen durch die Fahrer möglich sind. Nur die Vergleiche der beiden aktiven Aufgaben mit den zwei monitiven Varianten mit schwerer Korrektur machen eine Ausnahme und ergeben signifikante Unterschiede. Es ergeben sich hierbei Irrtumswahrscheinlichkeiten zwischen 0,001 und 0,034. Offensichtlich empfinden die Versuchspersonen, eine monotive Aufgabe mit schwerer Fehlerkorrektur im Verhältnis zur aktiven Aufgabe als besonders schwierig zu lösen.

Fahrerbewertung Radio									
		Aktive Bedienung		Monitive Bedienung					
		2 Klicks	4 Klicks	Leichter Start, kein Fehler	Leichter Start, leichte Korrektur	Leichter Start, schwere Korrektur	Schwerer Start, kein Fehler	Schwerer Start, leichte Korrektur	Schwerer Start, schwere Korrektur
Lösbarkeit	Mittelwert []:	1,88	1,83	1,54	2,25	2,67	2,38	2,63	3,04
	Standardabweichung []:	0,95	0,96	0,78	1,15	1,34	1,47	1,38	1,52
Spur	Mittelwert []:	2,42	2,17	2,04	2,63	2,63	2,75	2,63	3,08
	Standardabweichung []:	1,10	0,92	0,69	1,06	1,13	1,11	0,97	1,21
Blick	Mittelwert []:	2,17	2,17	2,21	2,83	2,54	2,88	2,88	3,21
	Standardabweichung []:	1,01	0,87	0,78	1,05	1,10	1,08	1,12	1,22
Konzentration	Mittelwert []:	2,33	2,13	2,29	2,67	2,71	2,75	2,92	3,25
	Standardabweichung []:	0,96	0,85	0,81	0,96	1,00	1,15	1,18	1,29

*Tabelle 6-35: Mittelwerte und Standardabweichungen der Antworten der Versuchspersonen zur Einschätzung der acht Aufgabenvarianten. Auf Grund der Bonferoni-Korrektur können kaum Unterschiede zwischen den Ausprägungen gefunden werden, so dass auf die Darstellung der  $\alpha$ -Fehler verzichtet wird.*

Beim Vergleich der objektiven Messdaten wird nur eine Aufgabensequenz verwendet. Diese ist definiert durch die erstmalige Anzeige der Radiooberfläche (vgl. Abbildung 4-16) bis zum Erklingen des gewünschten Radiosenders. In die Auswertung gehen nur Werte von Versuchspersonen ein, die alle Aufgabenvarianten lösen konnten. Lediglich zwei Probanden sind von der Aufgabenstellung überfordert und erreichen das gesetzte Ziel nicht. Die vorherrschende Verkehrsdichte ist bei allen Aufgaben ähnlich. Insgesamt treten bei der Bedienung der Radioaufgaben keine besonderen Verkehrsbehinderungen auf, so dass alle Fahrten unter diesem Aspekt ohne Einschränkungen miteinander verglichen werden können.

Zur Analyse werden die fünf Kenngrößen Bediendauer, kumulierte, maximale und durchschnittliche Blickdauer auf das Display sowie Spurfehler herangezogen. Insgesamt können alle Aufgabenvarianten mit 28 Einzelvergleichen untereinander auf Unterschiede untersucht werden. Die jeweiligen Irrtumswahrscheinlichkeiten,



Mittelwerte und Standardabweichungen der fünf Parameter sind in Tabelle 6-36 und in Abbildung 6-28, Abbildung 6-29 sowie Abbildung 6-30 wiedergegeben. Für die Überprüfung der Hypothese Auf\_1 sind jedoch Vergleiche von besonderem Interesse, die in sieben Vergleichsgruppen unterteilt werden können. Dabei werden im Wesentlichen die zwei aktiven Aufgabenvarianten untereinander oder mit einer monitiven Aufgabenausprägung verglichen. Nachfolgend sind diese Vergleichsgruppen einzeln erklärt, die Einzelhypothesen formuliert und die Ergebnisse beschrieben.

Radio										
	Variante	Aktive Bedienung		Monitive Bedienung						
		2 Klicks	4 Klicks	Leichter Start, kein Fehler	Leichter Start, leichte Korrektur	Leichter Start, schwere Korrektur	Schwerer Start, kein Fehler	Schwerer Start, leichte Korrektur	Schwerer Start, schwere Korrektur	
Bediendauer	α-Fehler	Aktive Bedienung, 2 Klicks	0,000	0,143	1,000	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000
		Aktive Bedienung, 4 Klicks			0,000	0,685	0,407	1,000	0,008	0,000
		Monitive Bedienung: leichter Start, kein Fehler				0,029	0,001	0,000	0,000	0,000
		Monitive Bedienung: leichter Start, leichte Korrektur					0,079	0,190	0,003	0,000
		Monitive Bedienung: leichter Start, schwere Korrektur						0,683	1,000	0,001
		Monitive Bedienung: schwerer Start, kein Fehler							0,007	0,000
		Monitive Bedienung: schwerer Start, leichte Korrektur								0,207
		Monitive Bedienung: schwerer Start, schwere Korrektur								
		Mittelwert [s]:	12,69	25,27	4,79	16,96	40,77	30,13	46,85	59,73
Standardabweichung [s]:	12,32	10,93	2,78	15,75	32,56	16,98	30,69	28,71		
Kumulierte Blickdauer	α-Fehler	Aktive Bedienung, 2 Klicks	0,000	0,965	1,000	0,010	0,000	0,000	0,000	
		Aktive Bedienung, 4 Klicks			0,001	1,000	0,107	0,068	0,003	
		Monitive Bedienung: leichter Start, kein Fehler				0,083	0,001	0,000	0,001	
		Monitive Bedienung: leichter Start, leichte Korrektur					0,192	0,357	0,044	
		Monitive Bedienung: leichter Start, schwere Korrektur						1,000	1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, kein Fehler							0,120	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, leichte Korrektur								0,133
		Monitive Bedienung: schwerer Start, schwere Korrektur								
		Mittelwert [s]:	8,28	14,55	3,38	11,87	26,68	21,25	31,99	42,46
Standardabweichung [s]:	10,69	10,95	2,27	12,67	22,65	13,55	26,41	23,12		
Maximale Blickdauer	α-Fehler	Aktive Bedienung, 2 Klicks	1,000	1,000	1,000	0,008	0,130	0,005	0,001	
		Aktive Bedienung, 4 Klicks			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
		Monitive Bedienung: leichter Start, kein Fehler				0,935	0,001	0,012	0,003	
		Monitive Bedienung: leichter Start, leichte Korrektur					0,125	1,000	0,322	
		Monitive Bedienung: leichter Start, schwere Korrektur						1,000	1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, kein Fehler							1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, leichte Korrektur								0,203
		Monitive Bedienung: schwerer Start, schwere Korrektur								
		Mittelwert [s]:	1,87	2,28	1,63	2,12	2,76	2,40	2,61	3,32
Standardabweichung [s]:	0,94	1,80	0,74	0,94	1,17	0,72	1,01	1,32		
Mittlere Blickdauer	α-Fehler	Aktive Bedienung, 2 Klicks	1,000	1,000	1,000	1,000	0,450	0,064	0,001	
		Aktive Bedienung, 4 Klicks			1,000	1,000	1,000	0,865	0,116	
		Monitive Bedienung: leichter Start, kein Fehler				0,440	0,230	0,043	0,038	
		Monitive Bedienung: leichter Start, leichte Korrektur					1,000	1,000	0,011	
		Monitive Bedienung: leichter Start, schwere Korrektur						1,000	1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, kein Fehler							1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, leichte Korrektur								1,000
		Monitive Bedienung: schwerer Start, schwere Korrektur								
		Mittelwert [s]:	1,15	1,13	0,99	1,22	1,29	1,32	1,36	1,47
Standardabweichung [s]:	0,45	0,49	0,33	0,35	0,45	0,38	0,50	0,48		
Spurfehler	α-Fehler	Aktive Bedienung, 2 Klicks	1,000	1,000	1,000	0,113	0,005	0,007	0,000	
		Aktive Bedienung, 4 Klicks			1,000	1,000	0,052	0,001	0,004	
		Monitive Bedienung: leichter Start, kein Fehler				0,141	0,005	0,001	0,019	
		Monitive Bedienung: leichter Start, leichte Korrektur					0,062	0,012	0,451	
		Monitive Bedienung: leichter Start, schwere Korrektur						1,000	1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, kein Fehler							1,000	
		Monitive Bedienung: schwerer Start, leichte Korrektur								0,084
		Monitive Bedienung: schwerer Start, schwere Korrektur								
		Mittelwert [s]:	0,74	0,83	0,22	1,00	2,09	2,26	2,39	3,96
Standardabweichung [s]:	1,29	1,37	0,42	1,00	1,88	2,40	1,92	2,48		

Tabelle 6-36: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für Bediendauer, kumulierte, maximale sowie mittlere Blickdauer auf das Display und Spurfehler bei den acht Radiovarianten

Bei der ersten Vergleichsgruppe werden die beiden aktiven Aufgaben miteinander in Beziehung gesetzt. Prinzipiell entspricht dies einem Vergleich von zwei Aufgaben mit

unterschiedlich vielen sequentiellen Schritten. In Anlehnung an die Ergebnisse aus der Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ werden deshalb bei der aktiven Variante mit vier Klicks die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer auf das Display länger sein. Dagegen sind sowohl bei der maximalen und mittleren Blickdauer als auch bei den Spurfehlern keine Unterschiede zu erwarten. Die in Tabelle 6-36 und Abbildung 6-28 bis Abbildung 6-30 aufgeführten Werte bestätigen diese Einzelannahmen. Die Erwartungen werden von jeder betrachteten Kenngröße erfüllt, so dass die Ergebnisse in Einklang mit den Aussagen aus der Versuchsaufgabe „Bass/Höhen verstellen im Radio“ stehen.

Die zweite Vergleichsgruppe stellt die beiden aktiven Aufgaben der leicht zu startenden, monitiven und fehlerfreien Radioauslegung gegenüber. Vermutlich verfügt der Automat über Vorteile bei der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer auf das Display. Die beiden anderen Blickkenngrößen werden allerdings keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Es könnten bei der monitiven Aufgabe signifikant weniger Spurfehler auftreten, wenn die Bedienzeiten der aktiven Aufgabe ausreichend lang sind. Diese aufgestellten Einzelhypothesen werden für die Bediendauer und kumulierte Blickdauer nur bei der aufwändigeren aktiven Aufgabe durch signifikante  $\alpha$ -Fehler bestätigt. Bei der einfachen aktiven Aufgabe mit zwei Klicks, liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Bediendauer im statistisch nicht aussagefähigen Bereich. Das ist etwas überraschend, weil im Schnitt die Probanden bei der aktiven Aufgabe circa 2,5-mal länger brauchen. Allerdings ist das ein Resultat, das sich aus der konservativen Abschätzung mittels der Bonferoni-Korrektur ergibt. Bei der kumulierten Blickdauer ergeben sich dagegen keine Unterschiede zwischen leichter aktiver Aufgabe und der monitiven Ausprägung. Alle anderen Kenngrößen unterscheiden sich in dieser Vergleichsgruppe ebenfalls nicht.

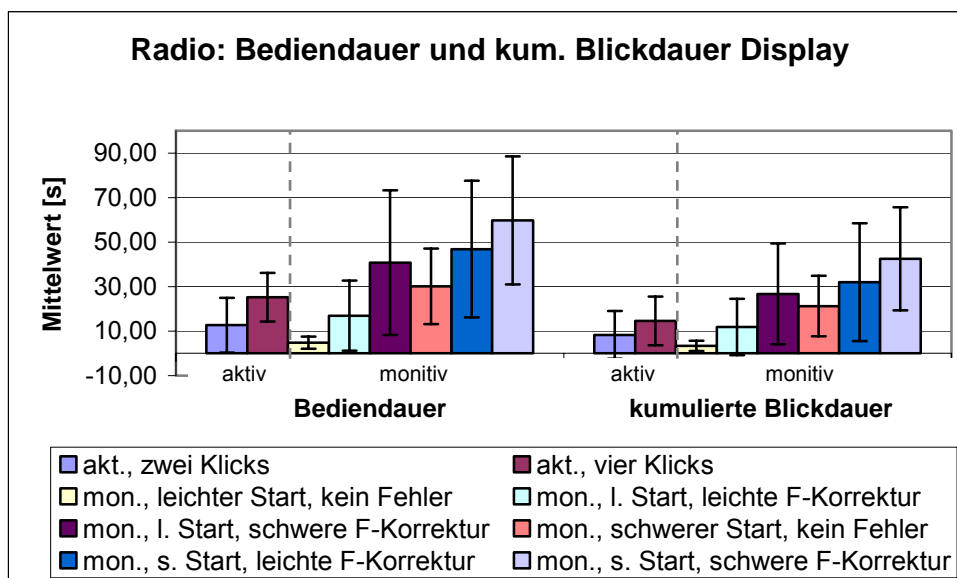


Abbildung 6-28: Mittelwerte und Standardabweichungen für Bediendauer und kumulierte Blickdauer auf das Display bei den acht Radioaufgaben

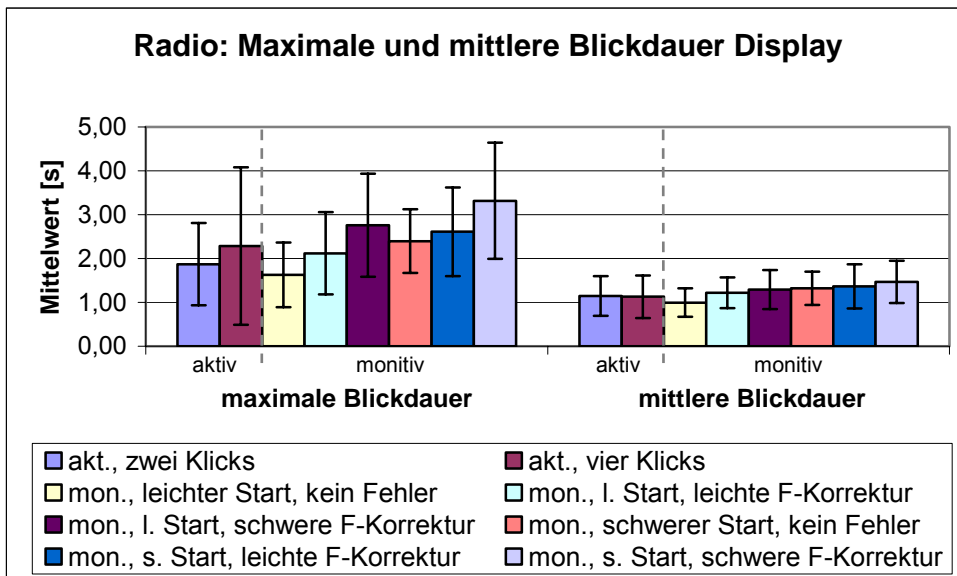


Abbildung 6-29: Mittelwerte und Standardabweichungen für maximale und durchschnittliche Blickdauer auf das Display bei den acht Radioaufgaben

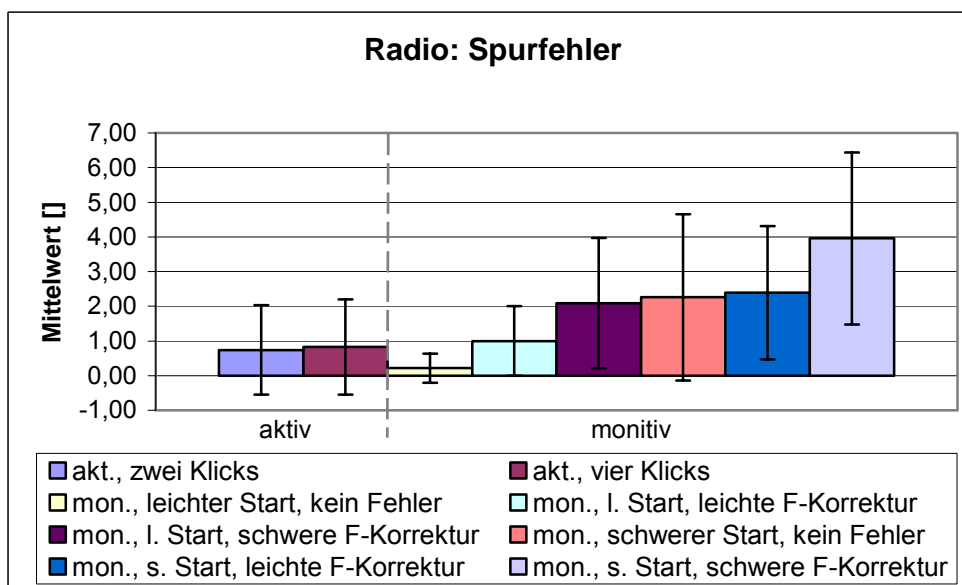


Abbildung 6-30: Mittlere Anzahl der Spurfehler bei der Radioaufgabe

Als drittes werden die aktiven Aufgaben in Beziehung zu der monitiven Aufgabe mit leichtem Start und leichter Fehlerkorrektur gestellt. Auch bei dieser monitiven Variante wird gemäß der formulierten Hypothese erwartet, dass der Automat besser abschneidet als eine aktive Bedienung. Die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer auf das Display sollten für den Automaten daher kürzer sein. Die restlichen drei Kenngrößen unterscheiden sich wahrscheinlich nicht. Das ermittelte Ergebnis weicht jedoch von diesen Annahmen ab. Für die fünf betrachteten Kenngrößen ergeben sich keine Unterschiede. Nur mit einer Ausnahme betragen die ermittelten Irrtumswahrscheinlichkeiten jedes Mal 100 % (siehe Tabelle 6-36).

Beim Vergleich der aktiven Aufgaben mit der monitiven Variante mit leichtem Start und schwerer Fehlerkorrektur wird gemäß Hypothese Auf\_1 erstmals ein

Unterschied zu Lasten des Automaten erwartet. Signifikante Differenzen werden sich bei der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer ergeben. Auch kann bei der monitiven Aufgabe wegen der schweren Fehlerkorrektur die maximale Blickdauer auf das Display und die Anzahl der Spurfehler im Schnitt deutlich höher liegen. Die durchschnittlichen Blickdauern werden dagegen gleich sein. In der Wirklichkeit treten signifikante Unterschiede bei Bediendauer, kumulierter und maximaler Blickdauer für die einfache aktive Aufgabe auf. Beim Spurfehler bewegt sich die Irrtumswahrscheinlichkeit für diese Auslegung im nichtaussagefähigen Bereich. Wird die aktive Aufgabe mit vier Klicks als Vergleichsgröße herangezogen, sind die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt. Beim Spurfehler lässt sich zwar bereits eine Tendenz ( $\alpha = 0,052$ ) erkennen, aber keine der betrachteten Kenngrößen zeigt signifikante Differenzen. Für die durchschnittliche Blickdauer auf das Display sind schließlich bei beiden Einzelvergleichen keine Unterschiede zu erkennen.

Die fünfte Vergleichsgruppe stellt den aktiven Auslegungen einen Automaten mit schwerer Startprozedur aber fehlerlosem Ablauf gegenüber. Erneut wird eine weniger starke Ablenkung durch die aktiven Aufgaben vermutet. Die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer auf das Display werden sehr wahrscheinlich beim Automaten länger ausfallen. Allerdings ist der schwere Startvorgang nicht so verwirrend, dass sich die maximale Blickdauer auf das Display unterscheiden wird. Dafür sind signifikante Differenzen bei den Spurfehlern wegen der längeren Bedienung zu erwarten. Die durchschnittliche Blickdauer bleibt voraussichtlich von den verschiedenen Aufgabenausprägungen wieder unberührt. Zur Darstellung der Ergebnisse muss erneut zwischen der einfachen und der längeren aktiven Aufgabe unterschieden werden. Die kurze aktive Aufgabe mit zwei Klicks hat signifikante Vorteile bei der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer. Für die maximale Blickdauer kann keine statistisch abgesicherte Aussage getroffen werden. Es bestehen bei der Bediendauer keine Unterschiede, wenn der schwer zu startende Automat mit der langen aktiven Aufgabe verglichen wird. Die kumulierte Blickdauer ergibt in diesem Fall eine nicht aussagekräftige Irrtumswahrscheinlichkeit. Gleichzeitig unterscheiden sich, wie erwartet, die maximalen Blickdauern auf das Display nicht. Die Anzahl der Spurfehler liegen für beide Einzelvergleiche beim Ausführen des Automaten signifikant höher. Die Prognose bezüglich der durchschnittlichen Blickdauer wird bestätigt. Es sind hier keine Unterschiede zwischen den Varianten zu erkennen.

Als vorletztes wird ein Vergleich zwischen aktiven Aufgaben und monitiver Aufgabe mit schwerem Start und leichter Fehlerkorrektur aufgestellt. Bei dieser Ausprägung ist der Automat wegen der hinzugekommenen notwendigen Fehlerkorrektur noch ablenkender. Deshalb treten vermutlich die Unterschiede bei der Bediendauer, der kumulierten Blickdauer auf das Display und den Spurfehlern noch deutlicher auf. Die maximale Blickdauer wird wahrscheinlich bei allen Varianten etwa gleich sein, weil der Anwender nicht mit stark verwirrenden Oberflächen konfrontiert wird. Die mittlere Blickdauer auf das Display wird erneut von den drei unterschiedlichen Ausprägungen nicht beeinflusst. In der Realität ergeben sich für Bediendauer, kumulierte Blickdauer und Spurfehler signifikante Ergebnisse zu Gunsten der aktiven Ausführung. Sogar bei der maximalen Blickdauer ist eine Signifikanz zwischen der kurzen aktiven Aufgabe und dem Automaten festzustellen. Außerdem bewegen sich die  $\alpha$ -Fehler bei der durchschnittlichen Blickdauer auf das Display überraschenderweise im nicht aussagefähigen Bereich.

Zuletzt bleibt die Vergleichsgruppe mit der schwersten Automatenauslegung. Die Bedienung des Automaten mit schwerem Start und schwerer Fehlerkorrektur ist so anspruchsvoll, dass es bei allen untersuchten Kenngrößen im Vergleich zu den aktiven Auslegungen zu signifikanten Unterschieden kommen muss. Diese Erwartung wird bestätigt. Lediglich der Vergleich der maximalen Blickdauer auf das Display ergibt eine nicht eindeutige Irrtumswahrscheinlichkeit.

Die einzelnen Ergebnisse der sieben Vergleichsgruppen lassen sich zusammengefasst folgendermaßen interpretieren. Vorneweg bestätigt der Vergleich innerhalb der beiden aktiven Aufgaben die Ergebnisse der vorhergehenden Versuchsaufgaben. Je mehr sequentielle Schritte für die Ausführung notwendig sind, desto mehr lenkt die Aufgabe ab. Diese Ablenkung äußert sich allerdings nur bei den Kenngrößen Bediendauer und kumulierte Blickdauer. Für alle Ausprägungen des Radios gilt, dass die mittlere Blickdauer kaum Resonanz zeigt auf die unterschiedlichen Systemauslegungen und daher keine Rückschlüsse bezüglich der Ablenkung der beiden Arten der Aufgabenart liefern kann. Die aufgestellte Hypothese Auf\_1 lässt sich mit den gewonnenen Ergebnissen nur eingeschränkt bestätigen. Eine monotone tertiäre Aufgabe ist nur dann weniger ablenkend als die aktive Alternative, wenn einerseits die aktive Variante nicht sehr leicht auszuführen ist und andererseits beim Automaten kein Fehler auftritt. Diese Vorteile zeigen sich jedoch nur bei der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer auf das Display. Sobald ein schweres Element bei der Bedienung des Automaten hinzukommt, gerät dieser gegenüber einer verhältnismäßig einfachen aktiven Aufgabe ins Hintertreffen. Insgesamt bringt eine tertiäre monotone Aufgabe keinen Nutzen bei der maximalen Blickdauer und den Spurfehlern. Zusammenfassend offenbaren die Ergebnisse eine gleichwertige Ablenkungswirkung der drei Aufgabenvarianten *aktive Aufgabe mit vier Klicks*, *monotone Aufgabe mit leichtem Start und ohne Fehler* sowie *monotone Aufgabe mit leichtem Start und leichter Fehlerkorrektur*. Das heißt, ein Automat bedeutet bei tertiären Aufgaben hauptsächlich einen Komfortgewinn für den Anwender. Allerdings darf man nicht den Fehler machen und diese Rückschlüsse für die tertiären Aufgaben auf Automaten übertragen, die bei primären oder sekundären Aufgaben im Pkw eingesetzt werden. Die vorgestellte Untersuchung hat nämlich vier Teilaspekte eines Automaten aus unterschiedlichen Gründen nicht berücksichtigt, die jedoch bei primären und sekundären Aufgaben eine entscheidende Rolle spielen können. Dazu gehört erstens der Einfluss der Schwere des Fehlers auf die Ablenkung. Es ist anzunehmen, dass sich die Aufmerksamkeit verändert, wenn eine falsche aktive Bedienung oder ein schlecht arbeitender Automat Fehler mit weitreichenden Folgen für Mensch und Technik haben kann. Diese Möglichkeit ist bei tertiären Aufgaben ausgeschlossen aber bei den restlichen Aufgabentypen durchaus möglich. Die restlichen Teilaspekte können auch einen Automaten für eine tertiäre Aufgabe beeinflussen, sind aber aus Zeitgründen nicht Gegenstand der Versuche. So spielt wahrscheinlich zweitens die Zuverlässigkeit des Automaten generell eine Rolle. Tritt ein Fehler für den Anwender erfahrungsgemäß häufig auf, wird sich der Fahrer vermehrt um die Überwachung des Systems kümmern und entsprechend mehr kognitive Ressourcen aufwenden müssen. Der dritte Teilaspekt kann als Art der Überwachung zusammengefasst werden. Ein wesentliches Element einer monotonen Aufgabe umfasst die Überwachung des Automaten und den korrigierenden Eingriff bei Auftreten eines Fehlers. Die Kontrolle des Automaten hängt dabei von der Rückmeldung des Systemzustandes ab. Hier ist zu unterscheiden in welcher Form und zu welchem Zeitpunkt die Rückmeldung erfolgt. Erfolgt die Rückmeldung laufend

auf dem optischen Kanal, wird die Ablenkungswirkung des Automaten größer sein, als wenn der Anwender Informationen zum Systemzustand gleichzeitig visuell und akustisch zu bestimmten Zeitpunkten erhält. Schließlich wird der vierte Teilaspekt nicht berücksichtigt und mit der gewählten Versuchsaufgabe kein Automat untersucht, der den Fahrer über einen längeren Zeitraum unterstützt. Anwendungsbeispiele für tertiäre Aufgaben sind diesbezüglich wenige zu finden. Bei primären und sekundären Aufgaben gibt es dagegen zahlreiche entsprechende Automaten, wie Tempomat, Scheibenwischer oder Abstandsregelautomaten. Erfolgt die automatische Unterstützung über längere Zeit, ist eine Verminderung der Ablenkung im Vergleich zu einer aktiven Aufgabe anzunehmen. Für die Überprüfung der Hypothesen Sub\_1 und Sub\_2 sind schließlich die Angaben der Versuchspersonen zu den diversen Radiovarianten ungeeignet. Mögliche subtile Unterschiede zwischen den Antworten der Probanden werden bei den zahlreichen Vergleichen durch die Bonferoni-Korrektur ausgeglichen.

## 6.5 Rückmeldung

Hinsichtlich der Rückmeldung sind zwei Hypothesen formuliert. Diese betrachten ausschließlich den Einfluss einer verzögerten Rückmeldung auf die Ablenkungswirkung. Gemäß der Annahmen Rück\_1 und Rück\_2 verursacht eine verzögerte Rückmeldung eine Ablenkung des Fahrers. Gleichzeitig lenkt die tertiäre Aufgabe stärker ab, je weiter die Rückmeldung außerhalb der physiologischen Reaktionszeit von etwa 100 Millisekunden liegt. Für die Überprüfung dieser beiden Hypothesen ist die Telefonaufgabe vorgesehen. Die Versuchsperson ist aufgefordert, die Telefonnummer 089/102030 zu wählen. Dabei gibt es vier Varianten von Telefonen, deren visuelle Rückmeldung entweder um 0,1 Sekunden, 0,2 Sekunden, 2 Sekunden oder 3 Sekunden verzögert ist. Die Auswertung der entsprechenden Versuchsdaten teilt sich in zwei Schritte auf. Zuerst werden die vier Varianten mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und einer Bonferoni-Korrektur auf Unterschiede untersucht. Ausgehend von diesen Ergebnissen wird im zweiten Schritt überprüft, ob sich innerhalb der beiden Variantenpaare mit jeweils kurzen bzw. langen Rückmeldezeiten Unterschiede ergeben. Ist dem nicht der Fall, werden die entsprechenden Werte zusammengefasst und mit einem t-Test für abhängige Stichproben verglichen. Bevor die Resultate dieser statistischen Auswertung beschrieben werden, wird knapp auf die Einschätzungen der Versuchspersonen, die verwendeten Messwerte und Kenngrößen eingegangen. Zum Schluss werden die gefundenen Ergebnisse kurz interpretiert.

Telefon: Fahrerbewertung					
		Aufgabe leicht lösen			
Variante:		0,1 s	0,2 s	2 s	3 s
$\alpha$ -Fehler	0,1 s		1,000	0,018	0,005
	0,2 s			0,001	0,003
	2 s				1,000
	3 s				
Mittelwert []:		1,68	1,72	2,76	2,76
Standardabweichung []:		0,75	0,98	1,59	1,67

Tabelle 6-37:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Beurteilungen der Lösbarkeit durch die Versuchspersonen abhängig von den vier Telefonvarianten

Telefon: Fahrerbewertung					
	Variante:	0,1 s	0,2 s	2 s	3 s
Spur	Mittelwert []:	2,64	2,60	3,04	2,84
	Standardabweichung []:	0,91	1,29	1,14	1,14
Blick	Mittelwert []:	2,60	2,60	3,00	2,76
	Standardabweichung []:	0,87	1,19	1,16	1,30
Konzentration	Mittelwert []:	2,56	2,60	3,08	3,04
	Standardabweichung []:	0,82	1,19	1,19	1,46

*Tabelle 6-38: Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bewertung der Spurhaltung, des Blickverhaltens und der Konzentration auf das Fahren durch die Versuchspersonen bei den vier Telefonvarianten. Die Varianzanalyse kann keine Unterschiede zwischen den Aufgabenauslegungen für diese vier Kenngrößen erkennen, daher werden keine  $\alpha$ -Fehler angezeigt.*

Die Beurteilungen der Aufgaben durch die Versuchspersonen geben deutlich die Diskrepanz der Selbsteinschätzung wieder. Während sich für die Bewertung der Lösbarkeit der Aufgabe signifikante Unterschiede ergeben, können mit der Varianzanalyse keine signifikanten Differenzen bei den Fragen zur eigenen Fahrleistung gefunden werden ( $\alpha_{\text{Spur}} = 0,191$ ;  $\alpha_{\text{Blick}} = 0,217$ ;  $\alpha_{\text{Konz}} = 0,060$ ). Hinsichtlich der Lösbarkeit der Aufgabe erkennen die Probanden keinen Unterschied zwischen den zwei Telefonausprägungen mit kurzen Rückmeldezeiten. Gleiches gilt für die Systemauslegung mit Rückmeldezeiten über zwei Sekunden. Dagegen schneiden die Auslegungen mit den großen Verzögerungszeiten im Vergleich zu den schnellen Systemen signifikant schlechter ab.

Für die Analyse werden nur die Messwerte der jeweils letzten Menüebene pro Telefonvariante verwendet. Diese Oberfläche (siehe Abbildung 4-17) dient der Eingabe der Telefonnummer und verfügt über die entsprechende verzögerte Rückmeldung. Der betrachtete Aufgabenabschnitt ist somit definiert ab dem erstmaligen Betreten der Telefonoberfläche bis zur korrekten Wahl der Telefonnummer. Verwendet werden alle Messwerte, da jeder Proband die Telefonaufgaben vollständig lösen kann. Außergewöhnliche Störungen durch den Verkehr treten nicht auf, weshalb auch unter diesem Gesichtspunkt alle Messwerte in die Analyse einfließen können.

Vermutlich bestehen keine Unterschiede bei der Ablenkungswirkung innerhalb der kurzen Rückmeldungszeiten. Abweichungen könnten sich zwischen den langen Verzögerungen ergeben. Sicher zu erwarten sind signifikante Differenzen zwischen schnellen und trägen Systemauslegungen. Die fünf Kenngrößen Bediendauer, kumulierte und maximale Blickdauer auf das Display, Bedienfehlerquotient, Überdrehen sowie Spurfehler werden dabei die Ablenkungswirkung belegen. Wegen der Wartezeit und der dadurch entstehenden Verwirrung wird die Ausführung der Aufgabe verlängert. Dies spiegelt sich ebenfalls in einer längeren kumulierten Blickdauer auf das Display wieder. Bei den großen Verzögerungen wird die Versuchsperson über den Erfolg der eigenen Tätigkeit so sehr im Unklaren gelassen und so stark verwirrt, dass vermutlich die maximale Blickdauer auf das Display deutlich erhöht wird. Die träge Rückmeldung verursacht zur gleichen Zeit eine Erhöhung der Bedienfehler. Diese schlagen sich zum einen in der Kenngröße Überdrehen und zum anderen beim Bedienfehlerquotienten nieder. Weil das System im Extremfall keine Auskunft über die gemachte Aktion gibt, wird wahrscheinlich mehrfach geklickt oder der Dreh-Drücksteller zu weit gedreht. Schließlich wirkt sich

die Verwirrung auf die Spurfehler aus. Diese können für die Telefonaufgabe anders als bei den Versuchsaufgaben „Temperatur verstellen (Typ1 und Typ2)“ eindeutig bestimmt werden, weil die entsprechende Menüebene ausreichend lang bedient wird. Anders als bei den fünf genannten Parametern ist dagegen in Anlehnung an die vorhergegangenen Versuche, bei der mittleren Blickdauer auf das Display kein Unterschied zu erwarten.

Telefon: Vergleich von vier Varianten													
		Bediendauer				Kumulierte Blickdauer				Maximale Blickdauer			
Variante:		0,1 s	0,2 s	2 s	3 s	0,1 s	0,2 s	2 s	3 s	0,1 s	0,2 s	2 s	3 s
$\alpha$ -Fehler	0,1 s		1,000	0,000	0,000		1,000	0,002	0,001		-	-	-
	0,2 s			0,000	0,000			0,002	0,002			-	-
	2 s				0,542				1,000				-
	3 s												
Mittelwert [s]:		29,20	32,00	63,54	82,36	16,25	17,21	37,23	33,20	2,37	2,65	3,32	2,93
Standardabweichung [s]:		7,52	12,59	38,16	38,73	7,79	9,14	28,99	18,75	1,40	1,56	2,88	1,48

Tabelle 6-39:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauer, kumulierte Blickdauer und maximale Blickdauer bei der Ausführung der Telefonaufgaben. Für die maximale Blickdauer ergeben sich aus der Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede, weshalb keine  $\alpha$ -Fehler für die Einzelvergleiche aufgeführt werden.

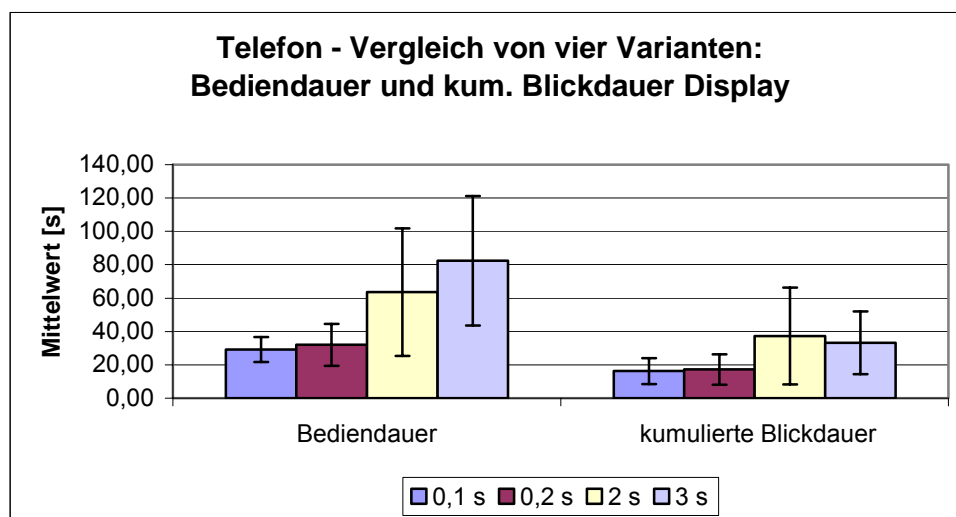


Abbildung 6-31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bediendauer und kumulierten Blickdauer auf das Display während der Betätigung des Telefons

In Tabelle 6-39 und Abbildung 6-31 sind die Ergebnisse der Bediendauer, der kumulierten und der maximalen Blickdauer aufgetragen. Für die maximale Blickdauer ergibt die Varianzanalyse keine signifikanten Differenzen ( $\alpha = 0,091$ ), so dass keine Einzelvergleiche durchgeführt werden. Die maximale Blickdauer liegt dabei im Schnitt zwischen 2,37 und 3,32 Sekunden. Für die Bediendauer und die kumulierte Blickdauer ergeben sich innerhalb der kurzen und langen Rückmeldezeiten keine Unterschiede. Gleichzeitig zeigen sich die prognostizierten signifikanten Differenzen zwischen den schnellen und den trägen Systemen.



Telefon: Vergleich von vier Varianten													
		Bedienfehlerquotient				Überdrehen				Spurfehler			
Variante:		0,1 s	0,2 s	2 s	3 s	0,1 s	0,2 s	2 s	3 s	0,1 s	0,2 s	2 s	3 s
α-Fehler	0,1 s		1,000	0,077	0,082		1,000	0,146	0,073		0,969	0,019	0,136
	0,2 s			0,049	0,079			0,053	0,044			0,248	0,875
	2 s				1,000				1,000				1,000
	3 s												
Mittelwert []:		1,31	1,31	1,80	2,19	2,96	2,72	4,60	5,32	1,76	2,32	3,28	3,16
Standardabweichung []:		0,31	0,26	0,99	1,60	1,17	1,31	3,72	4,33	1,51	2,23	2,59	2,69

Tabelle 6-40: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die bei der Telefonbedienung auftretenden Fehler

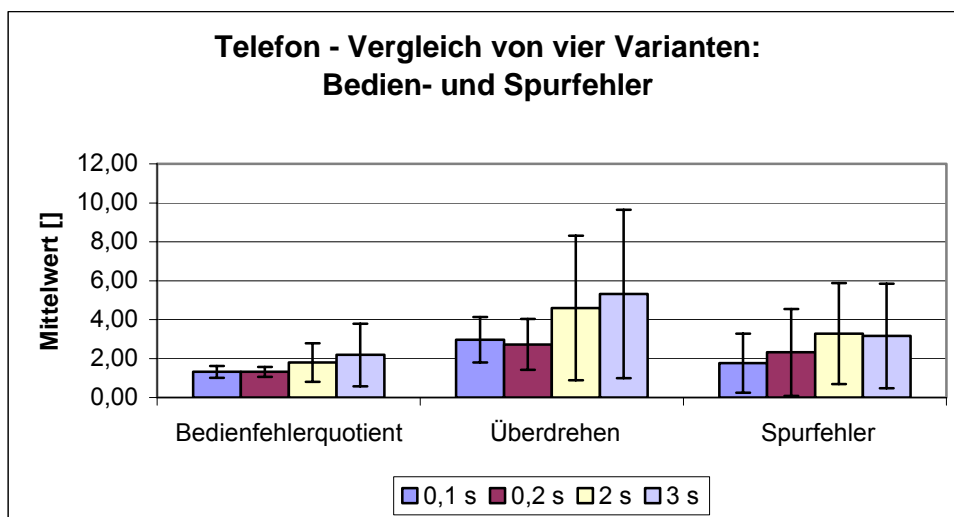


Abbildung 6-32: Graphische Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für die während der Bedienung der Telefonaufgabe auftretenden Fehler

Eine Auflistung der Ergebnisse für die Fehler während der Bedienung der Telefonaufgaben findet sich in Tabelle 6-40 und Abbildung 6-32. Für den Bedienfehlerquotienten und das Überdrehen gibt es innerhalb der beiden Rückmeldegruppen erneut keine Unterschiede. Im Vergleich der kurzen und langen Rückmeldeverzögerung liegen die ermittelten Irrtumswahrscheinlichkeiten überwiegend im nicht aussagefähigen Bereich. Berücksichtigt man allerdings die Tatsache, dass die Bonferoni-Korrektur zu sehr konservativen Ergebnissen führt, lässt sich vermuten, dass auch bei diesen Kenngrößen ein Unterschied zwischen den beiden Rückmeldegruppen besteht. Statistisch beweisen lässt sich diese Aussage mit den in Tabelle 6-40 aufgelisteten α-Fehlern allerdings nicht. Innerhalb der beiden Rückmeldegruppen sind für die Spurfehler erneut keine signifikanten Unterschiede zu ermitteln. Die Gegenüberstellung von kurzen mit langen Rückmeldezeiten ergibt kein eindeutiges Bild. Die Verzögerungszeiten von 0,1 Sekunden und 2 Sekunden ergeben eine signifikante Abweichung. Dagegen kann auf Grund des α-Fehlers bei dem Vergleich von 0,2 Sekunden und 3 Sekunden die Nullhypothese angenommen werden. Die restlichen Vergleiche liegen im nicht aussagekräftigen Bereich, wobei der α-Fehler von 24,8 % zwischen der 0,2 Sekunden Auslegung und der 2 Sekunden Verzögerung nur knapp unterhalb der festgelegten 25 %-Hürde bleibt.

Für die durchschnittliche Blickdauer ergeben sich wie erwartet keine Unterschiede zwischen den vier Gruppen und werden daher nicht tabellarisch aufgeführt. Die

Varianzanalyse ermittelt für diesen Parameter einen  $\alpha$ -Fehler von 0,275, wobei die durchschnittlichen Blickdauern im Mittel zwischen 1,18 und 1,34 Sekunden liegen.

Insgesamt betrachtet, wirkt sich die stark verzögerte Rückmeldung von zwei und drei Sekunden auf die Bediendauer, die kumulierte Blickdauer auf das Display und auf die fehlerfreie Bedienung der Aufgabe negativ aus. Diese Kenngrößen sind deutliche Indikatoren für eine erhöhte Ablenkung bei der Bedienung der trägen Systemauslegung. Für die maximale Blickdauer auf das Display und den Spurfehler kann keine statistisch fundierte Aussage getroffen werden. Ein Unterschied ähnlich wie bei den anderen Kenngrößen lässt sich zwar vermuten, aber auf Grund der konservativen Tendenz der Bonferoni-Korrektur statistisch nicht beweisen. Ausgehend von diesen Ergebnissen erscheint es angebracht und erlaubt, die Werte der beiden jeweils kürzesten und längsten Verzögerungen in zwei Rückmeldegruppen zusammenzufassen und diese nochmals mit einem t-Test für verbundene Stichproben zu analysieren.

Telefon: Vergleich von kurzen und langen Rückmeldungsverzögerungen								
	Bediendauer		kum. Blickdauer		max. Blickdauer		mittl. Blickdauer	
Variante:	$\leq 0,2$ s	$\geq 2$ s	$\leq 0,2$ s	$\geq 2$ s	$\leq 0,2$ s	$\geq 2$ s	$\leq 0,2$ s	$\geq 2$ s
$\alpha$ -Fehler:	0,000		0,000		0,039		0,336	
Mittelwert [s]:	30,60	72,95	16,73	35,22	2,51	3,13	1,23	1,29
Standardabweichung [s]:	10,36	39,22	8,42	24,25	1,47	2,27	0,57	0,58

Tabelle 6-41:  $\alpha$ -Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bediendauer und Blickdauern auf das Display beim Vergleich der schnellen und trägen Telefonaufgabengruppen

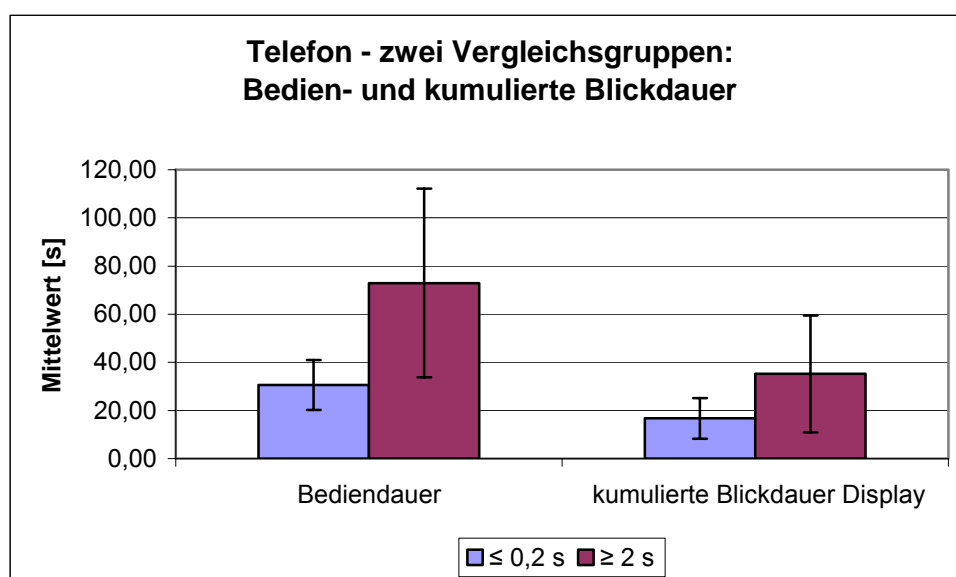


Abbildung 6-33: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bedien- und kumulierten Blickdauer beim Vergleich von schnellen und trägen Rückmeldezeiten

Die Werte für die Bediendauer und Blickdauern, die sich aus diesen Vergleichen ergeben, sind in Tabelle 6-41 aufgelistet. Wie auch der Abbildung 6-33 zu entnehmen ist, ergeben sich signifikante Unterschiede bei der Bediendauer und der kumulierten Blickdauer zu Gunsten der schnellen Variante. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus den eingangs beschriebenen Analysen. Allerdings weist nun auch die maximale Blickdauer signifikant bessere Werte für die schnellen Systeme auf.

Die mittlere Blickdauer bleibt dagegen von den Rückmeldeverzögerungen unbeeinflusst (vgl. Abbildung 6-34).

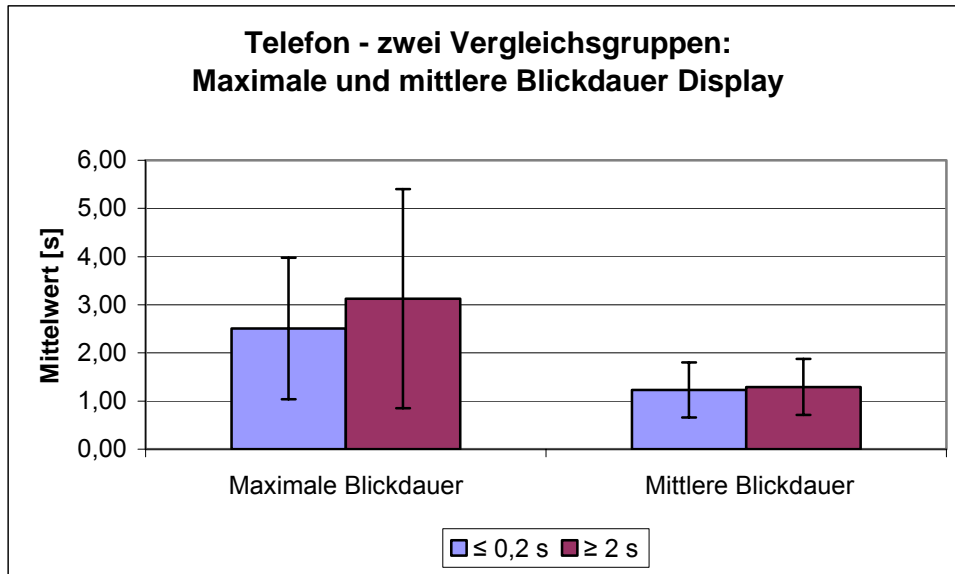


Abbildung 6-34: Mittelwerte und Standardabweichungen der maximalen und kumulierten Blickdauer beim Vergleich von schnellen und trägen Rückmeldezeiten

Telefon: Vergleich von kurzen und langen Rückmeldungsverzögerungen						
	Bedienfehlerquotient		Überdrehen		Spurfehler	
Variante:	≤ 0,2 s	≥ 2 s	≤ 0,2 s	≥ 2 s	≤ 0,2 s	≥ 2 s
α-Fehler:	0,001		0,000		0,002	
Mittelwert []:	1,31	1,99	2,84	4,96	2,04	3,22
Standardabweichung []:	0,28	1,33	1,23	4,01	1,91	2,61

Tabelle 6-42: α-Fehler, Mittelwerte und Standardabweichungen für die auftretenden Fehler beim Vergleich der schnellen und trägen Telefonaufgabengruppen

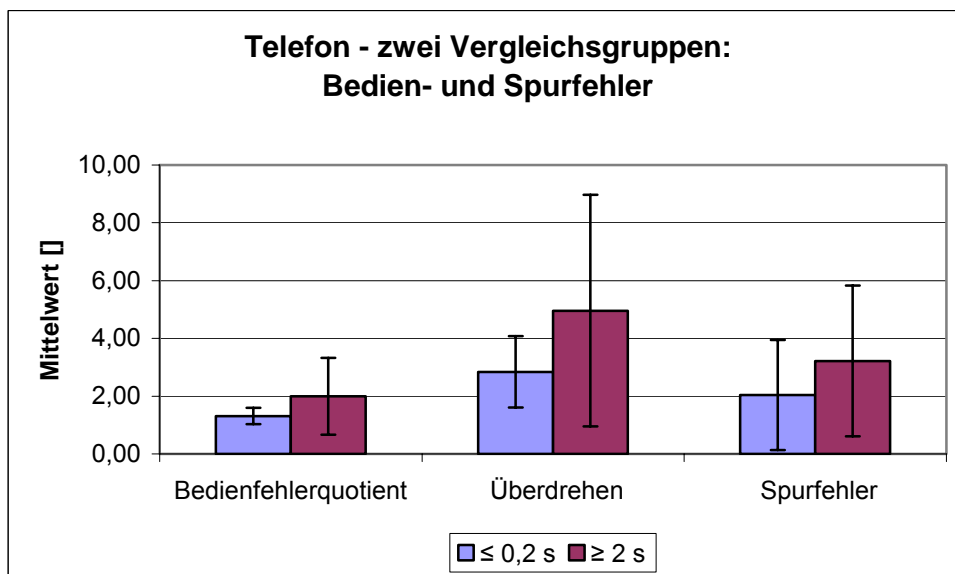


Abbildung 6-35: Mittelwerte und Standardabweichungen der auftretenden Fehler für den Vergleich von schnellen und trägen Rückmeldezeiten

Schließlich können die Bedien- und Spurfehler auf Differenzen zwischen den beiden Rückmeldegruppen überprüft werden. Für die Kenngrößen Bedienfehlerquotient, Überdrehen und Spurfehler sind mit den Resultaten der Varianzanalyse und der sechs Einzelvergleiche, nur in einem beschränkten Umfang statistisch abgesicherte Aussagen bezüglich der Auswirkung einer verzögerten Rückmeldung zu formulieren (vgl. Tabelle 6-40). Wie oben angesprochen, beweisen die  $\alpha$ -Fehler lediglich eine Gleichheit innerhalb der beiden Rückmeldegruppen. Die Ergebnisse für das Verhältnis von kurzen und schnellen Systemen bewegen sich dagegen überwiegend im nichtaussagefähigen Bereich. Wie aus Tabelle 6-42 und Abbildung 6-35 zu ersehen ist, zeigen sich nun bei den zusammengefassten Werten signifikante Unterschiede für die drei betrachteten Kenngrößen. Eine verzögerte Rückmeldung nimmt demnach auch Einfluss auf die Bedien- und Spurfehler.

Betrachtet man die gewonnenen Ergebnisse abschließend, so fällt zunächst die Beurteilung der vier Telefonausprägungen auf. Sie zeigen mit den gefundenen signifikanten Unterschieden, wie eine säumige Rückmeldung als störend für die Lösbarkeit einer Aufgabe empfunden wird. Gleichzeitig offenbaren die Antworten zum anderen, wie indifferent Fahrer offensichtlich die eigene Fahrleistung einschätzen. Somit sind die Hypothesen Sub\_1 und Sub\_2 für verzögerte Rückmeldungen nachgewiesen. Wesentlicher ist die Erkenntnis, dass eine verzögerte Rückmeldung die Ablenkungswirkung einer tertiären Aufgabe nachhaltig beeinflusst. Die aufgestellte Hypothese Rück\_1 kann mit den gefundenen Ergebnissen eindeutig bestätigt werden. Solange die Rückmeldezeiten im Bereich der physiologischen Reaktionszeit liegen, werden diese nicht als Verspätung erkannt und lenken damit signifikant weniger ab als Verzögerungszeiten über zwei Sekunden. Dies bestätigt zwar weitgehend auch die Annahme Rück\_2, allerdings ist kein Unterschied zwischen den Leistungen bei Verzögerungszeiten von zwei und drei Sekunden zu entdecken. In diesem Bereich besitzt der Fahrer kein differenziertes Zeitempfinden mehr. Für ihn ist das System einfach zu träge und Reaktionen dauern zu lange.

Mit der Versuchsaufgabe „Telefonnummer wählen“ sind somit die Ergebnisse aller neun Aufgabentypen mit den insgesamt 36 Ausprägungen vorgestellt. Die Rückschlüsse, die aus den Ergebnissen gezogen werden können, fasst das anschließende Kapitel zusammen.

## 7 Schlussfolgerung und Ausblick

Dieses Kapitel befasst sich mit den aus den Versuchsergebnissen gezogenen Schlussfolgerungen. Gleichzeitig wird ein Ausblick auf sinnvoll erscheinende weitere Arbeiten gegeben. Zu diesem Zweck sind sechs Teilaspekte aufgeführt. Zunächst wird auf die Ablenkungswirkung tertiärer Aufgaben eingegangen. Es folgen als zweiter Punkt neun Regeln, die sowohl als Gestaltungsvorgaben für tertiäre Aufgaben dienen als auch gleichzeitig eine Prognose für die Ablenkungswirkung denkbarer Konfigurationen erlauben. Drittens sind die einzelnen Vorteile aufgelistet, die durch die Verwendung der systemergonomischen Analyse entstehen. Im vierten Abschnitt werden praktische Hinweise für die Verwendung dieses Verfahrens gegeben. Der fünfte Teilaspekt beschäftigt sich mit der Frage, ob die gewonnenen Erkenntnisse auch auf allgemeine Probleme der Software-Ergonomie übertragbar sind. Schließlich wird kurz erörtert, wie sich die systemergonomischen Gestaltungsmaximen in Zukunft noch besser in die Entwicklung von Informationssystemen einbeziehen lassen und welche weiteren Aspekte der Gestaltung tertiärer Aufgaben detaillierter zu untersuchen sind.

Tertiäre Aufgaben im Pkw stehen anders als die primären und sekundären Aufgaben nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung. Sie dienen ausschließlich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen der Insassen. Die durchgeführte Untersuchung offenbart, dass die Bedienung dieser tertiären Aufgaben den Fahrer vom Führen des Kraftfahrzeugs bisweilen stärker ablenkt als allgemein angenommen. So bewegen sich zwar die Werte für die *durchschnittliche Blickabwendung* vom Verkehrsgeschehen während der Ausübung einer tertiären Aufgabe mit einem Mittelwert von etwa 1,35 Sekunden innerhalb eines vertretbaren Rahmens (vgl. Abbildung 6-3). Jedoch ergeben die gemessenen *maximalen Blickabwendungen* weitaus dramatischere Resultate. Im Schnitt erlauben sich die Probanden eine maximale Blickabwendung von der Fahraufgabe von 2,72 Sekunden. Das längste gemessene Zeitintervall ohne Blick auf die Straße beträgt dabei allerdings 16,08 Sekunden! Ein Prozent dieser Messungen bewegt sich innerhalb von acht und zehn Sekunden während gleichzeitig drei Prozent aller ermittelten maximalen Blickabwendungen bei mehr als sechs Sekunden liegen (vgl. Abbildung 6-4)! Auch vermeintlich einfache Aufgaben wie das manuelle Einstellen eines Radiosenders zeigen maximale Blickabwendungszeiten von 9,88 Sekunden. Diese Werte erscheinen umso gravierender, wenn man diese gemessenen Zeiten in zurückgelegte Distanzen umrechnet. Wie in Kapitel 6.1 bereits erwähnt, entsprechen neun Sekunden bei einer gefahrenen Geschwindigkeit von 40 km/h einer Strecke von 100 Metern. Obwohl die extremen Abwendungszeiten nicht nur bei vermeintlich anspruchsvollen Aufgaben festgestellt werden, beweisen die Messwerte eine signifikante Abhängigkeit der Ablenkung von der systemergonomischen Gestaltung der tertiären Aufgabe.

Mit Hilfe der drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen sind Aufgaben zu analysieren, bei denen in erster Linie der Informationsfluss in einem Mensch-Maschine-System im Vordergrund steht (siehe Kapitel 2.3). Die systemergonomische Analyse kann generell unter zwei Voraussetzungen durchgeführt werden, die in zwei Darstellungen resultieren. Die so genannte Soll-Darstellung spiegelt das Bedienkonzept aus der Perspektive der Aufgabe und des Anwenders wieder, ohne Rücksicht auf vorgesehene oder bestehende Systemauslegungen zu nehmen.

Dagegen ist die Ist-Darstellung das Abbild einer geplanten oder bereits bestehenden Systemkonfiguration. Diese beiden Arten der Darstellung können miteinander verglichen und auf Abweichungen untersucht werden.

Die bei den Versuchen gewonnenen Ergebnisse weisen den Zusammenhang zwischen Abweichung vom systemergonomischen Soll und der Ablenkung des Fahrers nach. Basierend auf diesen Erkenntnissen sind Regeln formuliert, die zum einen als Richtlinie für die Gestaltung tertiärer Aufgaben dienen und zum anderen die Ablenkungswirkung von unterschiedlichen Systemauslegungen prognostizieren helfen. Grundsätzlich hat die realisierte Systemauslegung den Vorgaben der Soll-Analyse zu folgen. Allerdings ist diese getreue Umsetzung nicht immer möglich. Spätestens wenn unterschiedliche Funktionen in einem System zu vereinen oder sonstige technische Einschränkungen zu berücksichtigen sind, ist eine teilweise Abkehr von der Soll-Darstellung nicht zu vermeiden. Der Systementwickler ist demnach zu Kompromissen gezwungen, die möglichst so zu gestalten sind, dass die durch die Abweichung vom Soll verursachte Bedienungsschwierigkeit und Ablenkung auf ein Mindestmaß reduziert bleibt. Nachfolgende neun Regeln gewährleisten, dieses Ziel zu erreichen.

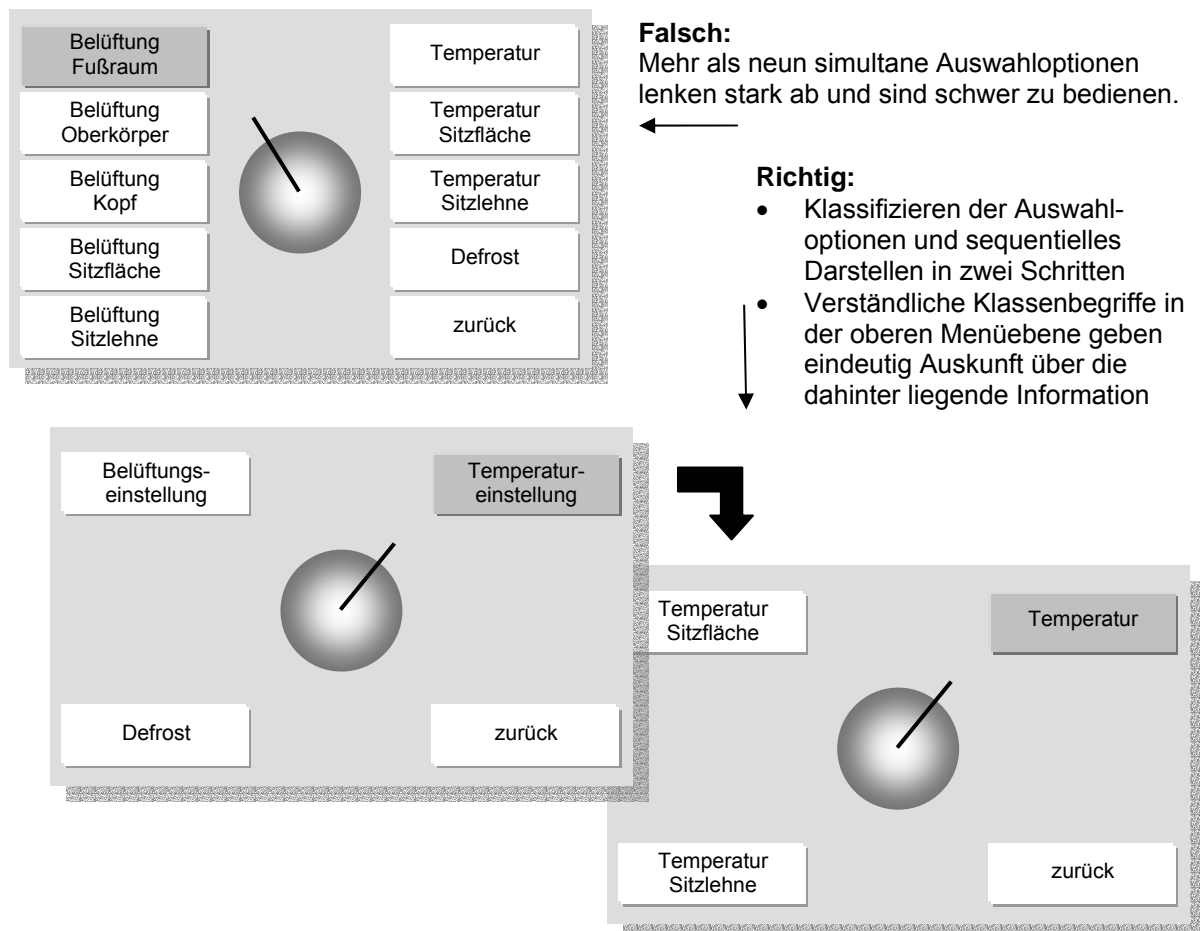


Abbildung 7-1: Mehr als neun simultan angezeigte Auswahlmöglichkeiten sind in jedem Fall zu vermeiden. Bei mehr als neun notwendigen Optionen müssen diese sinnvoll in zwei sequentielle Schritte aufgeteilt werden.

Die ersten beiden Regeln beziehen sich dabei auf die Darstellung simultaner Auswahlmöglichkeiten.

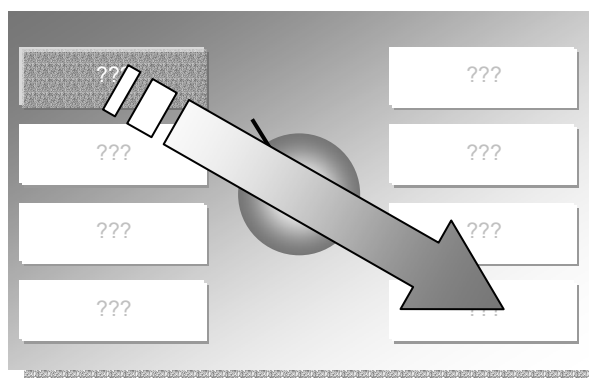
**Regel 1:** Dem Anwender dürfen gleichzeitig bzw. simultan niemals mehr als neun Auswahlmöglichkeiten angeboten werden. Diese sind bei Bedarf auf sequentielle Schritte zu verteilen.

Hat der Bediener eine Auswahl aus mehr als neun simultanen Optionen zu treffen, ist das System signifikant stärker ablenkend und schwerer zu bedienen. Bei mehr als neun notwendigen Auswahlmöglichkeiten sind diese deshalb auf sequentielle Schritte aufzuteilen. Hierzu müssen die Optionen zuerst sinnvoll klassifiziert werden. Für jede so gebildete Klasse wird als nächstes ein Begriff bestimmt, der diese verständlich beschreibt. Schließlich werden die Auswahlmöglichkeiten auf mindestens zwei sequentielle Schritte aufgeteilt, wobei die eindeutigen Klassenbezeichnungen die Optionen der obersten Ebene bilden. Das Beispiel in Abbildung 7-1 veranschaulicht dieses Vorgehen. In diesem Fall stehen dem Anwender insgesamt zehn Möglichkeiten für die Klimaeinstellung zur Verfügung. Zur Reduzierung dieser Anzahl an simultanen Optionen werden die zwei Klassen „Belüftungseinstellung“ und „Temperatureinstellung“ gebildet und als Auswahloptionen in der obersten sequentiellen Ebene dargeboten. Die beiden Klassenbegriffe geben dabei dem Anwender eindeutig Auskunft über die Funktionen, die sich hinter diesen Optionen verbergen, und unterstützen ihn damit bei der Wahl der notwendigen Klasse. Eine denkbare Bezeichnung wie „weitere Optionen“ ist indessen wegen der abstrakten Beschreibung nur bedingt geeignet. Zuletzt befinden sich in der nachfolgenden sequentiellen Ebene die Auswahlmöglichkeiten der gewählten Klasse.

**Regel 2:** Wenn möglich, sind gleichzeitig bzw. simultan angezeigte Auswahlmöglichkeiten gemäß ihrer Wichtigkeit anzuordnen.

Die Versuche offenbaren, dass gleiche Menüebenen mit simultanen Auswahlmöglichkeiten je nach Aufgabentyp auf Grund der graphischen Anordnung unterschiedlich stark ablenken können. Vorausgesetzt eine Rangfolge der simultanen Auswahloptionen ist hinsichtlich der Bedeutung möglich, wird daher empfohlen, wichtige Punkte oben links und unwichtige unten rechts anzuzeigen (vgl. Abbildung 7-2).

**Wichtig:**



**Unwichtig:**

*Abbildung 7-2: Häufig gewählte Auswahloptionen sollten bevorzugt oben links sowie selten verwendete Punkte unten rechts platziert sein*

Für den Umgang mit entbehrlichen sequentiellen Bedienschritten sind die beiden nachfolgenden Regeln vorgesehen.

**Regel 3: Es darf maximal nur ein unnötiger sequentieller Bedienschritt eingefügt werden.**

Umfasst das realisierte System im Vergleich zur Soll-Vorgabe mehr als zwei zusätzliche sequentielle Bedienschritte, wird ein signifikanter Anstieg der Ablenkung und vor allem der Bediendauer gemessen. Ein einzelner unnötiger sequentieller Bedienschritt beeinflusst zwar auch die Ausführung, wirkt sich allerdings im Allgemeinen nicht so bestimmend aus.

**Regel 4: Ein prinzipiell unnötiger sequentieller Bedienschritt muss in die Logik der Bedienabfolge passen.**

Überflüssige sequentielle Bedienschritte verlängern nicht nur die Bediendauer und die gesamte Blickabwendung, sondern können auch die Bedienlogik der Aufgabe empfindlich stören. Bedienschritte, die im Zusammenhang der Aufgabe vom Anwender nicht zu erwarten sind, verursachen mehr Bedienfehler und deutlich längere Blickzeiten weg vom Verkehrsgeschehen.

Das Beispiel in Abbildung 7-3 bezieht sich auf die beiden vorgestellten Regeln. Wunsch des Anwenders ist es, die Basseinstellungen zu verändern. Die systemergonomisch ungünstige Auslegung verfügt über zwei zusätzliche sequentielle Schritte und verletzt damit die dritte Regel. Gleichzeitig verkomplizieren die beiden unnötigen Schritte den Bedienablauf. Im ersten Fall führt kein direkter Weg zur Bedienoberfläche, die eine Anpassung der Einstellungen ermöglicht. Ein für den Anwender überraschender Extraschritt wie die Auswahl der „Bearbeiten“-Taste ergibt bei den Versuchen signifikant mehr Bedienfehler und längere Blickabwendungen von der Hauptaufgabe. Der zweite überflüssige Schritt unterbricht zwar die Bedienkette nicht so abrupt, hält allerdings die Bedienung unnötig auf. Der Anwender muss gemäß des systemergonomischen Solls nicht ein zweites Mal seinen Handlungswunsch äußern. Dies erfolgt bereits eine Ebene vorher, wo es möglich ist, mit der „zurück“-Option die Aktion abubrechen.



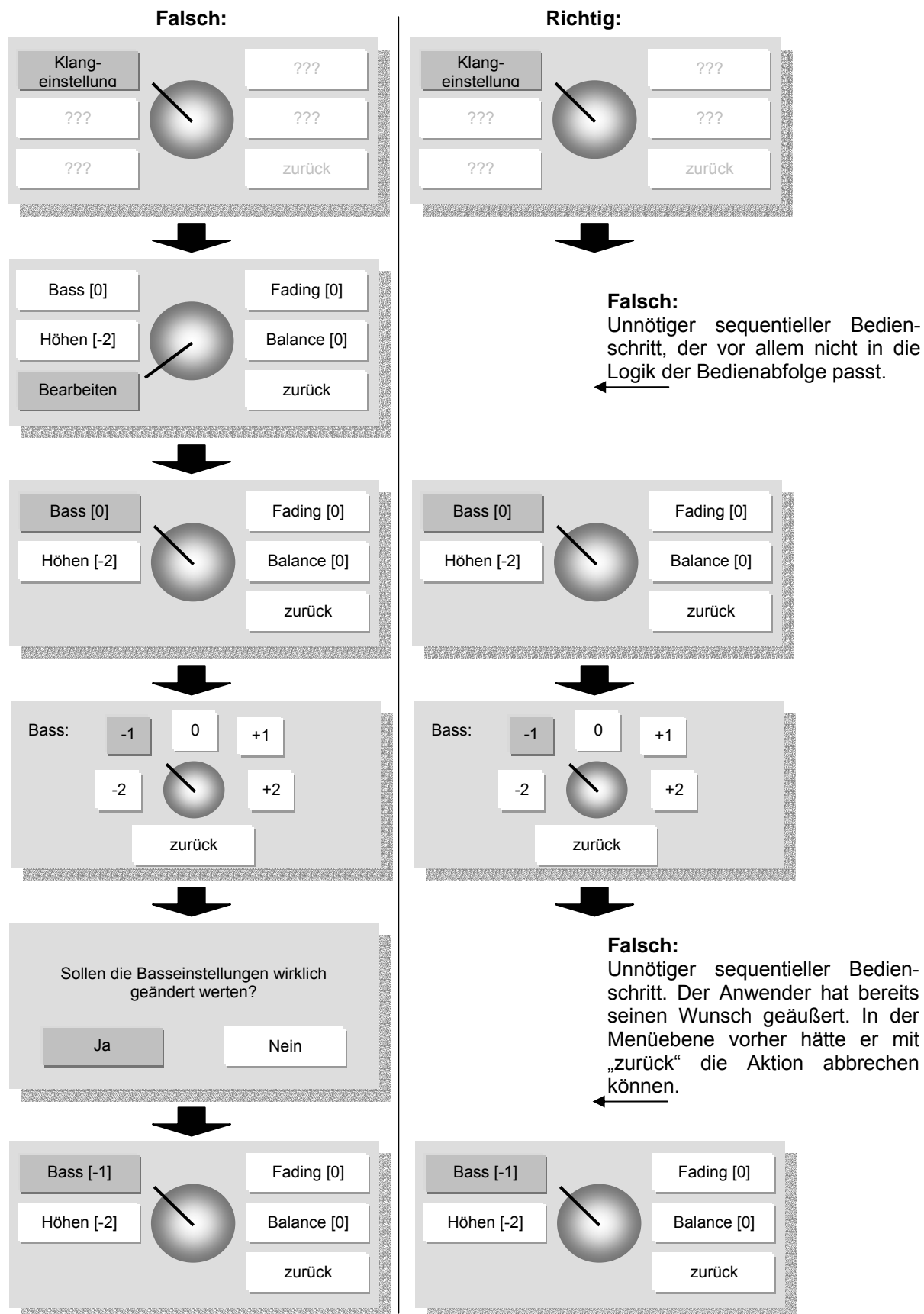


Abbildung 7-3: Unnötige sequentielle Bedienschritte sind zu vermeiden. Mehr als zwei lenken signifikant stärker ab und erschweren die Bedienung.

Die ersten vier Regeln beschäftigen sich vorrangig mit dem Problem, wenn eine gewissermaßen prinzipiell simultane Bedienung „simultaner“ oder eine sequentielle Bedienabfolge „sequentieller“ ausgelegt wird. Dagegen beziehen sich die nachfolgenden Regeln fünf und sechs auf eine vertauschte Darstellung von simultaner oder sequentieller Bedienung.

**Regel 5: Eine simultane Bedienung darf nicht sequentiell dargestellt werden. Nur bei der Darstellung von mehr als neun Auswahlmöglichkeiten ist gemäß der ersten Regel eine Ausnahme zulässig.**

Wird wie in Abbildung 7-4 eine grundsätzlich simultane Bedienung dem Anwender sequentiell dargeboten, erweist sich die Aufgabe als signifikant ablenkender und schwieriger. Das System zwingt dem Benutzer eine Bedienabfolge auf, die nur bedingt mit dem inneren Modell des Menschen übereinstimmt. Dem Anwender wird sozusagen seine Entscheidungsfreiheit genommen, so dass sich die Aufgabe daher unverständlich und kompliziert präsentiert. Lediglich bei mehr als neun simultanen Auswahloptionen findet diese Vorgabe keine direkte Anwendung. In diesem Fall hilft getreu der ersten Regel eine sequentielle Darstellung, die Informationsflut für den Anwender zu reduzieren und ihm die Entscheidung zu erleichtern.

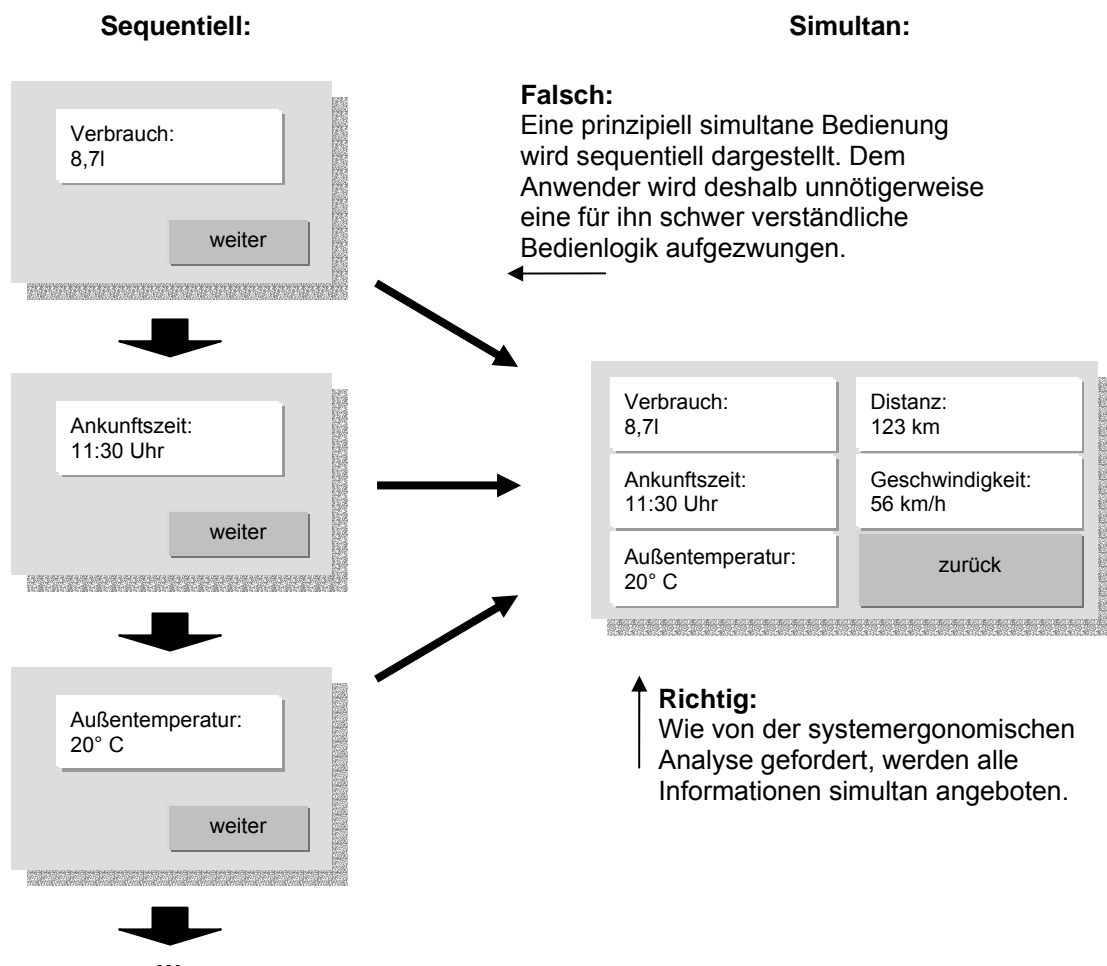


Abbildung 7-4: Eine simultane Bedienung darf nicht sequentiell dargestellt werden. Nur wenn mehr als neun simultane Auswahlmöglichkeiten anzubieten sind, ist gemäß der ersten Regel eine entsprechende Abweichung notwendig.

**Regel 6: Eine sequentielle Bedienung darf nicht simultan dargestellt werden.**

Diese Vorgabe behandelt den zur fünften Regel umgekehrten Fall. In Abbildung 7-5 ist ein Beispiel aufgeführt. Es soll eine SMS beantwortet werden, wozu die drei sequentiellen Einzelarbeitsschritte „SMS lesen“, „SMS beantworten“ und „SMS senden“ notwendig sind. Wird diese sequentielle Abfolge im Gegensatz zum systemergonomischen Soll simultan angeboten, muss der Anwender selbständig die korrekte Reihenfolge der Bedienschritte finden. Vor allem bei komplizierten Aufgaben erfordert dies einen vermeidbaren kognitiven Aufwand, der nachweislich in einer stärkeren Ablenkung resultiert. Gleichzeitig werden Bedienfehler wahrscheinlicher, weil der Benutzer nicht vom System durch die sequentiellen Bedienschritte geführt wird. Vielmehr sieht er sich Auswahloptionen ausgesetzt, die für die augenblickliche Bedienung nicht von Bedeutung sind und deshalb unnötigerweise die Aufgabe verkomplizieren. Die durch die simultane Darstellung gewährte Bedienfreiheit bringt deshalb dem Anwender keinen Nutzen sondern ausschließlich Nachteile.

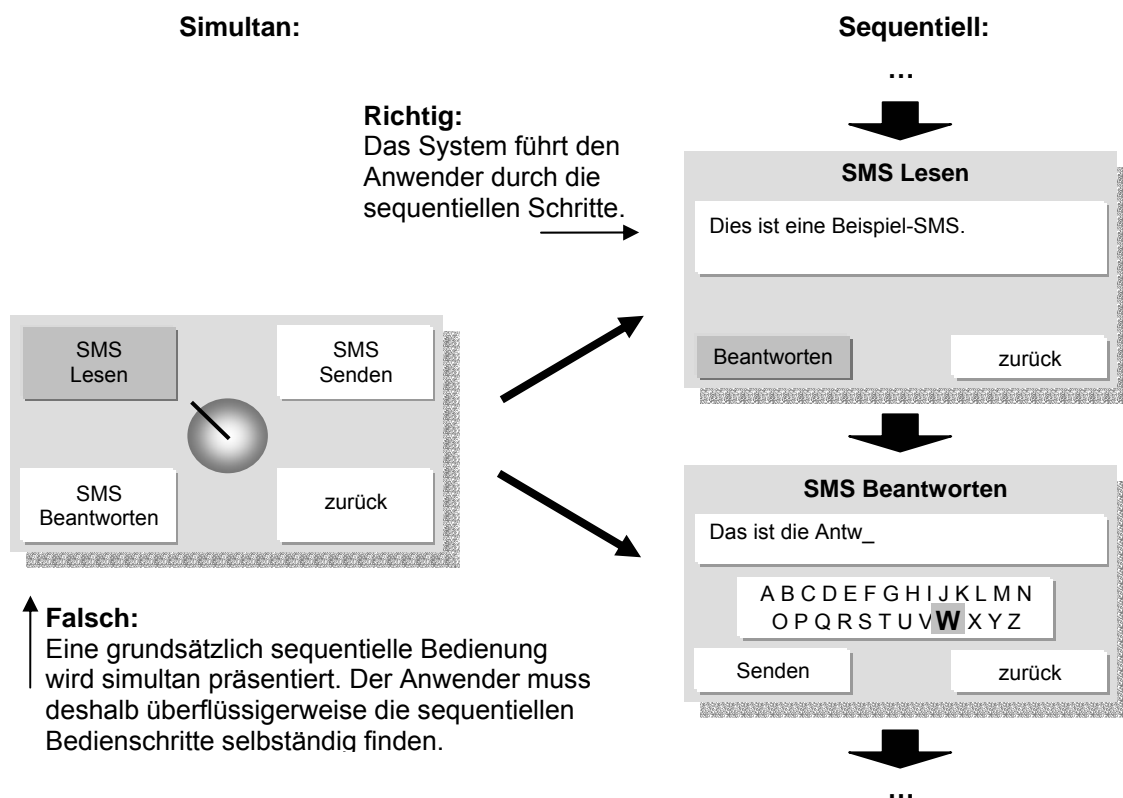


Abbildung 7-5: Eine sequentielle Bedienung darf in keinem Fall simultan dargestellt werden

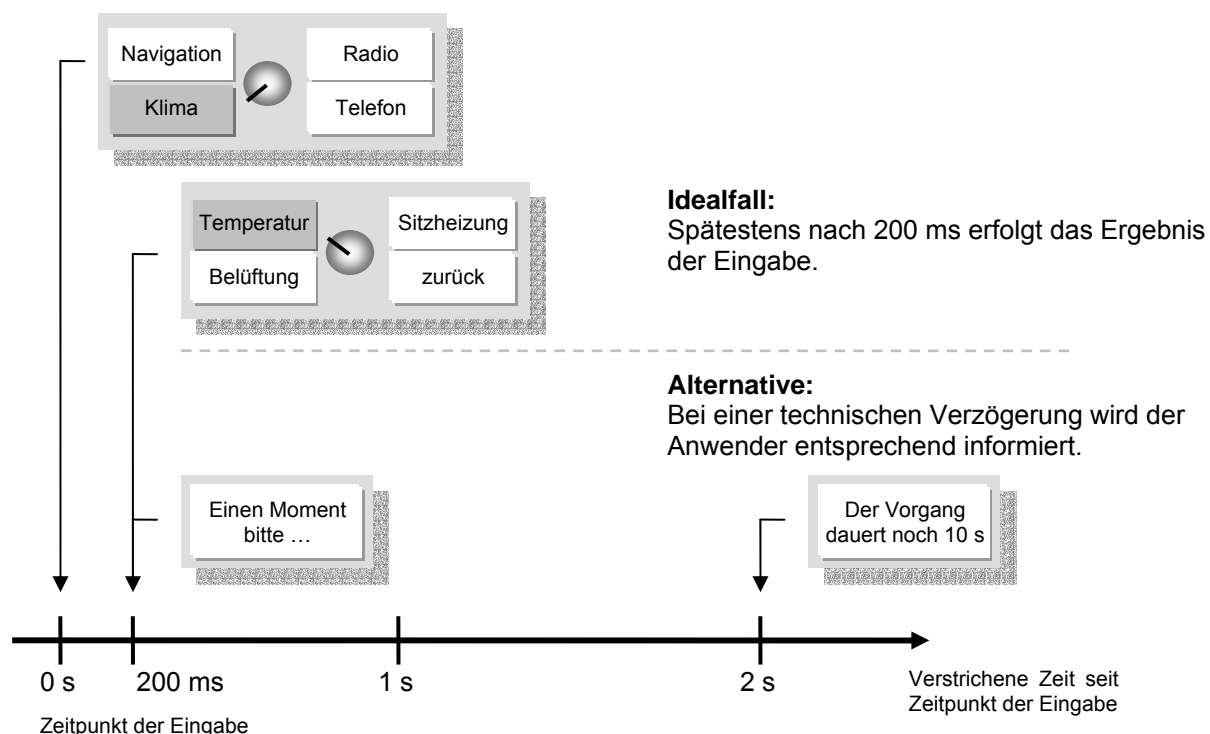
Die sechs bisher vorgestellten Vorgaben behandeln die Problematik der zeitlichen Ordnung einzelner Arbeitsschritte. Die verbleibenden drei Regeln beziehen sich dagegen auf die zeitliche Einschränkung, die Rückmeldezeit und die Einbindung des Anwenders.

### **Regel 7: Tertiäre Aufgaben sind statisch zu gestalten.**

Das System darf dem Anwender kein Zeitfenster vorgeben, innerhalb dessen eine Bedienung zu erfolgen hat. Sollte aus technischen Gründen dennoch eine zeitliche Einschränkung notwendig sein, muss dem Bediener eine Zeitspanne von mindestens vier Sekunden zur Verfügung stehen. Auch wenn erst bei weniger als vier Sekunden signifikante Unterschiede zu einer statischen Aufgabe festgestellt werden können, empfiehlt es sich, tertiäre Aufgabe statisch auszulegen. Vor allem zeitlich knappe Aufgaben sind erst mit entsprechender Übung sicher zu bedienen. Außerdem beeinflusst eine dynamische Gestaltung den Bedienkomfort der tertiären Aufgabe nachteilig.

### **Regel 8: Eine Rückmeldung muss innerhalb von 200 Millisekunden erfolgen.**

Mittels der Rückmeldung gibt das System dem Anwender Auskunft, ob seine Handlung etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er damit hatte. Auf Grund der Versuchsergebnisse muss die Rückmeldung innerhalb der physiologischen Reaktionszeit geschehen. Im Idealfall erscheint nach weniger als 200 Millisekunden das Ergebnis der Eingabe. Abbildung 7-6 zeigt eine Alternative, falls das endgültige Resultat nicht innerhalb dieses Zeitintervalls geliefert werden kann. So ist zu Beginn eine einfache Meldung wie „Einen Moment bitte...“ ausreichend. Diese Rückmeldung ist vergleichbar mit der Sanduhr bei Computerprogrammen. Dauert jedoch die Bearbeitung der Bedieneingabe länger als zwei Sekunden, muss eine genauere Information erfolgen. Dies kann einerseits in Form einer detaillierten Zeitangabe oder einer Beschreibung der vom System bereits durchgeführten Bearbeitungsschritte erfolgen.



*Abbildung 7-6: Eine Rückmeldung muss spätestens innerhalb von 200 ms erfolgen. Kann aus technischen Gründen das endgültige Ergebnis nicht in dieser Zeit geliefert werden, ist der Anwender je nach Verzögerung entsprechend zu informieren.*

**Regel 9: Monitiv ausgelegte tertiäre Aufgaben müssen leichter zu bedienen sein als mögliche aktive Varianten und zuverlässig die Funktion erfüllen.**

Ausgehend von den Versuchsergebnissen sind bei der monitiven Gestaltung von tertiären Aufgaben im Allgemeinen nur bedingt Vorteile hinsichtlich der Ablenkungswirkung zu erwarten. Eine entsprechende Auslegung kann in erster Linie den Bedienkomfort steigern. Damit allerdings der Automat nicht ablenkender wirkt als eine aktive Konfiguration, darf dieser im Vergleich dazu, nicht umständlicher zu bedienen sein. Gleichzeitig muss der Automat ohne Fehler die gestellte Aufgabe erfüllen. Die Forderung nach Fehlerfreiheit ist technisch leicht zu bestimmen. Als Maß der leichten Bedienbarkeit bieten sich die vorgestellten Erkenntnisse zur Systemergonomie an. Dazu zählen in erster Linie die Regeln zur Bedienung aber auch die Vorgaben für die zeitliche Einschränkung und Rückmeldung von tertiären Aufgaben.

Insgesamt ermöglicht das Einhalten der beschriebenen neun Regeln eine Entwicklung von nur gering ablenkenden tertiären Aufgaben. Dabei konzentrieren sich die Empfehlungen auf Probleme der zeitlichen Ordnung von Arbeitsschritten, der zeitlichen Einschränkungen, der Rückmeldezeiten und der Art der Einbindung des Anwenders in das System. Fragen bezüglich der inhaltlichen Form der Rückmeldung sowie der Kompatibilität werden von den neun Vorgaben nicht beantwortet. Diese systemergonomischen Teilbereiche sind nicht Gegenstand der Untersuchungen, weshalb diesbezüglich keine Regeln aufgestellt sind. Hinsichtlich der Kompatibilität wird in diesem Zusammenhang auf die Erkenntnisse von Spanner (1993) verwiesen.

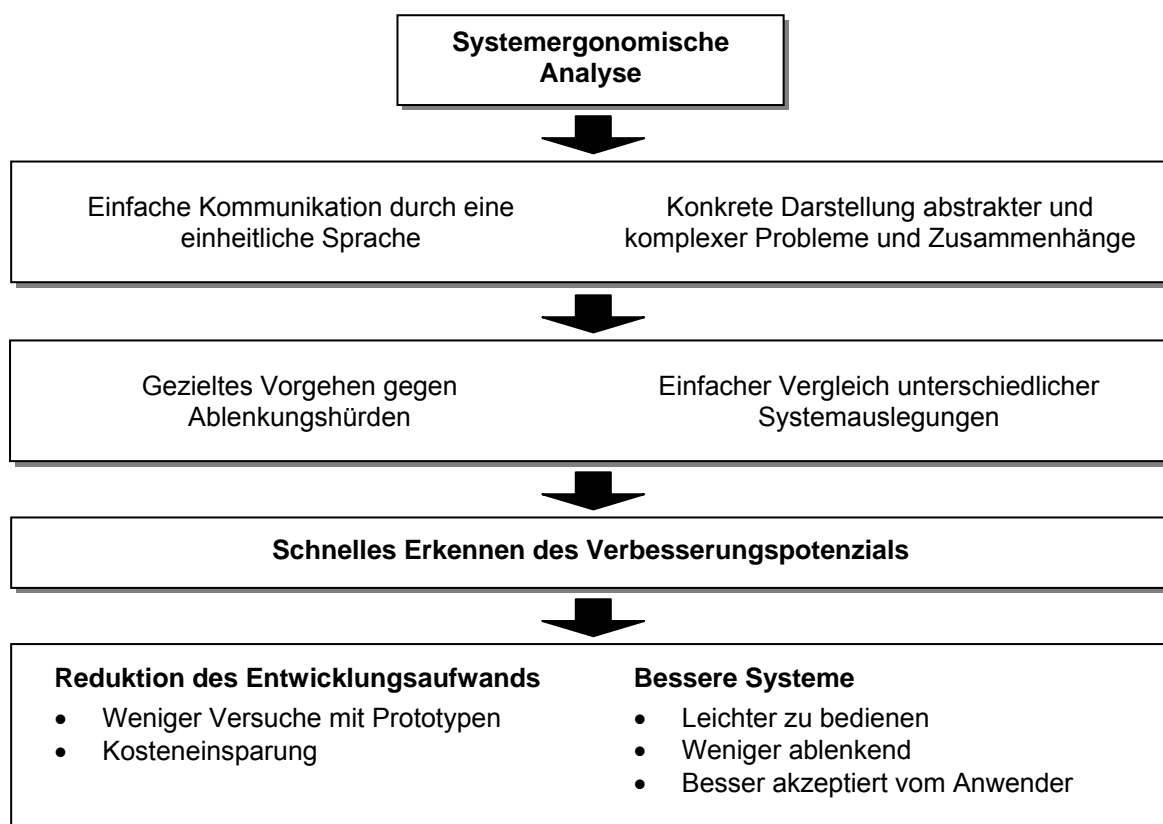


Abbildung 7-7: Vorteile durch die Verwendung der systemergonomischen Analyse bei der Entwicklung von tertiären Aufgaben

Die durchgeführte Versuchsreihe liefert jedoch nicht nur die neun Regeln zur Gestaltung tertiärer Aufgaben im Pkw, sondern legt auch die generellen Vorteile der systemergonomischen Vorgehensweise offen. Diese sind in Abbildung 7-7 graphisch dargestellt. Vor allem während der Entwicklungsphase hat die systemergonomische Methode nachweislich seine Stärken. Die Erfahrung bei der Planung der diversen Versuchsaufgaben und Auslegungen hat gezeigt, wie damit eine einheitliche Sprache vorliegt, mit der alle an einer Systementwicklung Beteiligten einfach miteinander kommunizieren können. Die bisweilen abstrakten und komplizierten Probleme und Zusammenhänge sind konkreter darstellbar. Das hat zwei positive Auswirkungen. Zum einen erlaubt die systematische Darstellung der Problematik ein gezieltes Vorgehen gegen mögliche Ablenkungshürden. Zum anderen können die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Systemauslegungen leicht erörtert und abgewogen werden. Insgesamt werden dadurch bei der Planung mögliche Verbesserungspotenziale früher und besser erkannt. Das führt nicht nur zu einer Einsparung zahlreicher Versuche mit Prototypen und der damit verbundenen Kosten, sondern resultiert insgesamt auch in einem wesentlich leichter zu bedienendem System, das im Auto weniger stark ablenkt und beim Anwender bzw. Käufer eine größere Akzeptanz erzielt.

Um zu diesem Erfolg zu kommen, ist bei der Verwendung der systemergonomischen Analyse bei der Systemplanung folgendes zu beachten. Allgemein betrachtet, ist das Erstellen von Soll- und Ist-Analysen einer Aufgabe kein triviales Unterfangen. Das liegt aber weniger an den systemergonomischen Gestaltungsmaximen, sondern vielmehr an den Aufgaben, die sich im Detail als schwierig herausstellen können. Vor allem die von bestehenden oder geplanten Systemkonfigurationen unabhängige Soll-Darstellung erfordert ein nicht einfaches Abstrahieren des Problems. Daher haben sich drei Ansätze als hilfreich erwiesen. Erstens empfiehlt es sich, die Sollanalyse in einer mittelgroßen Gruppe von etwa fünf Personen zu analysieren. Je heterogener diese zusammengesetzt ist, desto besser kristallisieren sich die verschiedenen Wünsche und Anforderungen der Anwender heraus. Zweitens zeigt sich, dass die Bildung des systemergonomischen Solls ein iterativer Prozess ist, der mehrere Durchläufe benötigt bis die endgültige Lösung vorliegt. Ausreichend lange Denkpausen zwischen den Durchläufen helfen Ansätze zu hinterfragen und mögliche Sackgassen zu erkennen. Schließlich ist drittens wichtig, dass innerhalb der Gruppe absolute Klarheit über die einzelnen Inhalte der systemergonomischen Gestaltungsmaximen herrscht. Vor der ersten Diskussion muss daher in jedem Fall eine grundsätzliche Einführung oder Wiederholung der Bereiche Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität erfolgen.

Abschließend wird kurz die Frage erörtert, inwiefern die gewonnenen Erkenntnisse aus den Versuchsfahrten auch auf Probleme der Software-Ergonomie anwendbar sind. Schließlich ist bereits in der Einleitung ein Zusammenhang zwischen der Bedienung von tertiären Aufgaben im Pkw und von Rechnern im Allgemeinen hergestellt worden. Insbesondere die Resultate für die Bedienung und Rückmeldung erscheinen für die Nutzung von Computerprogrammen von besonderem Interesse. Hier haben sich für systemergonomisch ungünstige Auslegungen sowohl schlechtere Bewertungen durch die Versuchspersonen als auch signifikante Veränderungen der Kenngrößen Bediendauer und falsche Menüauswahl ergeben. Die Einschätzungen der Probanden lassen Rückschlüsse auf die Akzeptanz beim Anwender zu. Die beiden Kenngrößen offenbaren objektiv die Bedienbarkeit eines Programms. Gleichzeitig erlauben sie eine Abschätzung des wirtschaftlichen Nutzens der

Anwendung, da die Zeitersparnis bei der Bedienung über Stundensätze kaufmännisch erfasst werden kann. So ist zum Beispiel die Bediendauer bei der in so genannten Call Centern verwendeten Software von entscheidendem ökonomischem Interesse (Maass, 2003). Somit sind die Erkenntnisse der vorgestellten Versuche auch für die Gestaltung von allgemeiner Software von Bedeutung. Dass bei den durchgeführten Fahrten die Bedienung des Rechners hinter der Fahraufgabe steht, stellt keinen Nachteil dar. Die Ablenkung durch das Autofahren verdeutlicht vielmehr die Unterschiede bei der Systembedienung.

Für die Zukunft empfiehlt es sich, die systemergonomischen Gestaltungsmaximen mit objektorientierten Analysemethoden der Informatik in Verbindung zu bringen. Damit könnten die beiden notwendigen Betrachtungsperspektiven bei der Entwicklung von Informationssystemen besser miteinander verknüpft werden. Während vor allem die systemergonomischen Gestaltungsmaximen die benutzerorientierte Analyse der Aufgabe sehr gut unterstützt, bietet beispielsweise die Unified Modeling Language (UML) eine weit verbreitete, standardisierte und technisch orientierte Modellierung an (Oestereich, 1998; Grässle et. al., 2000). Grundsätzlich bietet die UML die Möglichkeit, Systeme in Worten und Bildern aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu beschreiben. Sie umfasst zahlreiche Diagramme, die hier nicht erläutert werden können. Klassendiagramme bieten beispielsweise die Möglichkeit, den Quellcode detailliert zu erfassen. Anwendungsfalldiagramme modellieren dagegen das System hinsichtlich der Akteure, Anwendungsfälle und deren Beziehung zueinander, wobei Abläufe in diesem Kontext nicht erläutert werden. Dafür stehen so genannte Aktivitätsdiagramme zur Verfügung. Die UML stellt keine Vorgehensmethodik für die Entwicklung von Informationssystemen dar. Es ist nur eine Sprache, mit der die Verständigung zwischen allen Entwicklungsbeteiligten erleichtert wird. Für die Verbindung von UML und systemergonomischen Gestaltungsmaximen bieten sich daher zwei Bereiche an. Erstens muss die systemergonomische Vorgehensweise in die „Sprache“ der UML übersetzt werden. Aktivitätsdiagramme bieten sich dabei als Ersatz für die systemergonomischen Flussdiagramme an. Damit ist eine spätere Anbindung an vorrangig technisch orientierte Beschreibungen leichter möglich. Zweitens gibt es zwar Ansätze mit der UML, die bestehende Aufgabe aus Anwendersicht zu analysieren. Allerdings sind die Analysen noch immer sehr an der Technik orientiert und die Aspekte der systemergonomischen Gestaltungsmaximen werden nur sehr bedingt berücksichtigt. Zusammenfassend könnten die durch die Verschmelzung entstehenden Synergieeffekte einen Beitrag zu systemergonomisch besseren Softwarelösungen leisten. Für die Probleme bei der Gestaltung von tertiären Aufgaben erscheint es schließlich sinnvoll, die Einflussgrößen Rückmeldung und Kompatibilität genauer zu untersuchen. Aspekte der Informationsdarstellung sind bei den besprochenen Untersuchungen ausgeklammert. Jedoch lassen vor allem die Ergebnisse hinsichtlich der verzögerten Rückmeldung den entsprechend großen Einfluss auf die Ablenkungswirkung erahnen.

Insgesamt kann mit den beschriebenen Erkenntnissen nachgewiesen werden, dass mit Hilfe der systemergonomischen Gestaltungsmaximen mögliche Ablenkungspotenziale von tertiären Aufgaben im Pkw zu erkennen und damit schon in der Entwicklung zu reduzieren sind.

## Literaturverzeichnis

- ABENDROTH, B. (2001): *Auswirkung eines Abstandsregelsystems auf Fahrerverhalten und Akzeptanz*; In: Arbeitswissenschaftlicher Kongress: <47.2001, Kassel>, Dortmund: GfA-Press, S. 179-182
- ANDERSON, J. (1996): *Kognitive Psychologie*; 2. Auflage, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag
- ASSMANN, E. (1985): *Untersuchung über den Einfluss einer Bremsweganzeige auf das Fahrerverhalten*; München, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, Dissertation
- BAINBRIDGE, L. (1982): *Ironies of Automation*; IFAC/IFIP/IEA congress on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine-Systems, Baden-Baden, S. 151-157
- BALZERT, H. (1994): *Integration der Software-Ergonomie in die Software-Entwicklung*; In: Eberleh E. (Hrsg.) Einführung in die Software-Ergonomie – Mensch Computer Kommunikation – Grundwissen 1/2, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, S. 407-432
- BAUMANN, M., RÖSLER, D., JAHN, G., KREMS, J. (2003): *Assessing driver distraction using occlusion method and peripheral detection task*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) Quality of Work and Products in Enterprises of the Future; ergonomia Verlag, S. 53-56
- BECKER, ST., BROCKMANN, M., BRUCKMAYER, E., ET. AL. (1995): *Telefonieren am Steuer*; Bericht zum Forschungsprojekt 2.9106 Auswirkungen des Telefonierens im Pkw auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Mensch und Sicherheit Heft M 45, Bast, Bergisch Gladbach
- BECKER, ST. (2000): *Konzeptionelle und experimentelle Analyse von Nutzerbedürfnissen im Entwicklungsprozess*; In: Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten – Methoden für den Entwicklungsprozess, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Mensch und Sicherheit Heft M 116, Bast, Bergisch Gladbach S. 64-72
- BENGLER, K., HUESMANN, A., PRAXENTHALER, M. (2003): *Investigation of visual demand in a static driving simulator within the ADAM project*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) Quality of Work and Products in Enterprises of the Future; ergonomia Verlag, S. 49-52
- BERNOTAT, R. (1970): *Plenary Session: Operation Functions in Vehicle Control, Anthropotechnik in der Fahrzeugführung*; Ergonomics, Vol. 13, S. 353-377
- BIELACZEK, C. (1998): *Untersuchungen zur Auswirkung einer aktiven Fahrerbeeinflussung auf die Fahrsicherheit beim Pkw-Fahren im realen Straßenverkehr*; Fortschritts Bericht VDI Reihe 12 Nr. 357, VDI-Verlag, Düsseldorf



- BORTZ, J. (1993): *Statistik für Sozialwissenschaftler*, 4. vollst. überarb. Auflage, Berlin, Springer Verlag
- BREUER, J., BENGLER, K., HEINRICH, CH., REICHELT, W. (2003): *Development of advanced driver attention metrics (ADAM)*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 37-40
- BUBB, H., SEIFERT R. (1992a): *Struktur des MMS*; In: Bubb, H. (Hrsg.), *Menschliche Zuverlässigkeit*, Landsberg, ecomed – Fachverlag, S. 18-20
- BUBB, H., SEIFERT R. (1992b): *Der Informationsfluss im MMS*; In: Bubb, H. (Hrsg.), *Menschliche Zuverlässigkeit*, Landsberg, ecomed – Fachverlag, S. 31-53
- BUBB, H. (1993a): *Systemergonomische Gestaltung*; In: Schmidtke, H. (Hrsg.), *Ergonomie 3. Auflage*, München, Hanser Verlag
- BUBB, H. (1993b): *Informationswandel durch das System*; In: Schmidtke, H. (Hrsg.), *Ergonomie 3. Auflage*, München, Hanser Verlag
- BUBB, H., SCHMIDTKE H. (1993): *Systemstruktur*; In: Schmidtke, H. (Hrsg.), *Ergonomie 3. Auflage*, München, Hanser Verlag
- BUBB, H. (2000): *Blickanalyse zur Ermittlung der Aufmerksamkeitszuwendung zu Informationssystemen*; In: *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M116*, S. 33-40, Bremerhaven, Verlag für neue Wissenschaft
- BUBB, H. (2002): *Der Fahrprozess Informationsverarbeitung durch den Fahrer*, VDA-Vortrag, 20/21. März
- BUBB, H. (2003): *Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit?*; VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 25-44
- CHRIST, ST., BAUR, A. (2003): *Die Rolle des Fahrers bei der Entwicklung neuer Infotainmentsysteme im Automobil*; VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 257-268
- DIEHL, J., STAUFENBIEL, T. (2001): *Statistik mit SPSS Version 10.0*; Verlag Dietmar Klotz, Eschborn bei Frankfurt am Main
- ECKSTEIN, L. (2000): *Sidesticks im Kraftfahrzeug – ein alternatives Bedienkonzept oder Spielerei?*; *Ergonomie und Verkehrssicherheit: Konferenzbeiträge der GfA-Herbstkonferenz 2000*, Herbert Utz Verlag, München, S. 65- 96
- ECKSTEIN, L., HEß, M., RAKIC, M. (2003): *Driver distraction: Influence of secondary task performance on real-world driving*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 45-48
- EWERT, U. (1994): *Der Einfluss von Person und Situation auf die Beachtung von Verkehrsvorschriften*; bfu-Report 22, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern

- FASTENMEIER, W. (1995): *Die Verkehrssituation als Analyseeinheit im Verkehrssystem*; In: Fastenmeier, W. (Hrsg.): *Autofahrer und Verkehrssituation: neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme*, TÜV Rheinland, Köln, S. 27- 28
- FASTENMEIER, W., GSTALTER, H. (2003): *Entwicklung und Anwendung einer neuen Methodik zur Fahraufgabenanalyse*; VDI-Bericht Nr. 1613, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 197-213
- FÄRBER, BE. (1987): *Geteilte Aufmerksamkeit: Grundlagen und Anwendungen im motorisierten Straßenverkehr*, TÜV Rheinland, Köln
- FÄRBER, BE., FÄRBER, BR. (1999): *Telematik-Systeme und Verkehrssicherheit*; Bericht zum Forschungsprojekt 82.031/1993 Auswirkungen neuer Kommunikationsmittel im Fahrzeug auf die Verkehrssicherheit, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Mensch und Sicherheit Heft M 104, Bast, Bergisch Gladbach
- GENGENBACH, R. (1997): *Fahrerverhalten im Pkw mit Head-Up-Display*; VDI Reihe 12 Nr. 330, Düsseldorf, VDI-Verlag
- GLASER, W. (1994): *Menschliche Informationsverarbeitung*; In: Eberleh E. (Hrsg.) Einführung in die Software-Ergonomie – Mensch Computer Kommunikation – Grundwissen 1/2, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, S. 7-52
- GRÄSSLE, P., BAUMANN, H., BAUMANN, PH. (2000): *UML projektorientiert*; Galileo Computing, Bonn, Galileo-Press
- GRIMM, H. (1988): *Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr: Situationsübergreifende Aspekte*; Bericht zum Forschungsprojekt 8306, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bast, Bergisch Gladbach
- HALLER, R. (2000): *Wie erreicht man bei Fahrerassistenz, daß der Fahrer Herr der Situation bleibt?*; Ergonomie und Verkehrssicherheit: Konferenzbeiträge der GfA-Herbstkonferenz 2000, Herbert Utz Verlag, München, S. 64a- 64h
- HAMBERGER, W. (2003): *AUDI Multi Media Interface (MMI) – Neue Spezifikationsmethoden zur interdisziplinären Bedienkonzeptentwicklung*; VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 217-233
- HEIßING, B., KUDRITZKI, D., SCHINDLMAISTER, R., MAUTER, G. (2000): *Menschgerechte Auslegung des dynamischen Verhaltens von Pkw*; Ergonomie und Verkehrssicherheit: Konferenzbeiträge der GfA-Herbstkonferenz 2000, Herbert Utz Verlag, München, S. 1- 9
- JASTRZEBSKA-FRACZEK, I., BUBB, H. (2003): *Ergonomic Analysis of Web Page with SEA-Tool*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 989-992

- KÖNIG, W., WEISS, K.-E., GEHRKE, H., HALLER, R. (2000): *S.A.N.T.O.S.: Situation-angepasste und Nutzer-Typ-zentrierte Optimierung von Systemen zur Fahrerunterstützung*; Ergonomie und Verkehrssicherheit: Konferenzbeiträge der GfA-Herbstkonferenz 2000, Herbert Utz Verlag, München, S. 107- 113
- LILIENTHAL, J., MÜLLER, TH., WENGELNIK, H. (2003): *Erweiterung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zum verteilten Bediensystem*; VDI-Bericht Nr. 1613, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 147-172
- MAASS, R. (2003): *Software Support for Interaction Work in Call Centers*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 975-978
- MATTES, S. (2003): *The lane-change-task as a tool for driver distraction evaluation*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 57-62
- MAYSER, CH., PIECHULLA W., WEISS, K., KÖNIG, W. (2003): *Driver workload monitoring*; In: H. Strasser et al. (Hrsg.) *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*; ergonomia Verlag, S. 41-44
- MEYER, O., MUSSGNUG, J., WAKULA, J. (2001): *Erarbeitung eines Versuchskonzepts zur Überprüfung der ergonomischen Gestaltung von Bediensystemen im Kraftfahrzeug*; In: *Arbeitswissenschaftlicher Kongress: <47.2001, Kassel>*, Dortmund: GfA-Press, S. 187-190
- MILLER, G. A. (1956): *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*; *Psychological Review* 63, S. 81-97
- MORAY, N. (1990): *Designing for transportation safety in the light of perception, attention, and mental models*; *Ergonomics*, Vol. 33, Nos10/11, S. 1201-1213
- NIRSCHL, G., BLUM, E.J. (2000): *MMI-Prüfliste – Verfahren und Werkzeug zur Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen im Kraftfahrzeug*; In: *Informations- und Assistenzsysteme im Auto benutzergerecht gestalten – Methoden für den Entwicklungsprozess*, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Mensch und Sicherheit Heft M 116, Bast, Bergisch Gladbach S. 42-49
- OESTEREICH, B. (1998): *Objektorientierte Softwareentwicklung – Analyse und Design mit der Unified Modeling Language*; München, Oldenburg Verlag
- GLASER, W. (1994): *Menschliche Informationsverarbeitung*; In: Eberleh E. (Hrsg.) *Einführung in die Software-Ergonomie – Mensch Computer Kommunikation – Grundwissen 1/2*, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, S. 7-52
- OBERQUELLE, H. (1994): *Formen der Mensch-Computer-Interaktion*; In: Eberleh E. (Hrsg.) *Einführung in die Software-Ergonomie – Mensch Computer Kommunikation – Grundwissen 1/2*, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, S. 96-143

- PETERS, P., PETERS, B. (2002): *The Distracted Driver*; In: Professional Safety 03/2002, S. 34-40, auch: <http://www.asse.org/celldanger.htm>, Stand: 16.06.02
- POSNER, M. (1980): *Orienting of Attention*; In: The quarterly journal of experimental psychology, Volume 32, Academic press, Oxford, S. 3-25
- RASMUSSEN, J. (1986): *Information processing and human-machine-interaction*; Elsevier Science Publishers, Amsterdam
- REICHART, G. (2000a): *Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen – Möglichkeiten der Analyse und Bewertung*; München, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, Dissertation
- REICHART, G. (2000b): *Normatives Fahrerverhaltensmodell zur Vorhersage von Unfallhäufigkeiten*; Ergonomie und Verkehrssicherheit: Konferenzbeiträge der GfA-Herbstkonferenz 2000, Herbert Utz Verlag, München, S. 191- 202
- RÜTZEL, E. (1977): *Aufmerksamkeit*; In: Hermann, T. (Hrsg.), Handbuch psychologischer Grundbegriffe, ISBN 3-466-34002-0, S. 48-58
- RUMAR, K. (1990): *The basic driver error: late detection*; Ergonomics, Vol. 33, Nos10/11, S. 1281-1290
- SACHS, L. (1978): *Angewandte Statistik – Statistische Methoden und ihre Anwendungen*; Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York
- SCHMIDTKE, H. (1993): *Der Leistungsbegriff in der Ergonomie*; In: Schmidtke, H. (Hrsg.), Ergonomie 3. Auflage, München, Hanser Verlag
- SCHWEIGERT, M., FUKUDA, R., BUBB, H. (2001): *Blickerfassung mit JANUS II - Messprinzip und Anwendungsbeispiele*; In: Arbeitswissenschaftlicher Kongress: <47.2001, Kassel>, Dortmund: GfA-Press, S. 107-110
- SCHWEIGERT, M. (2003a): *Fahrerblickverhalten und Nebenaufgabe*; München, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, Dissertation
- SCHWEIGERT, M., BUBB, H. (2003b): *Einfluss von Nebenaufgaben auf das Fahrerblickverhalten*; VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 59-74
- SEIDL, A., BUBB, H. (1992): *Systemergonomische Vorgehensweise als Grundlage für die Gestaltung von Software*; In: v. Eiff, W. (Hrsg.), Innovative Arbeitssystemgestaltung – Mensch, Organisation, Information und Technik in der Wertschöpfungskette, Köln, Wirtschaftsverlag Bachem, S. 273-290
- SEIFERT, K., RÖTTING, M., JUNG, R. (2001): *Registrierung von Blickbewegungen im Kraftfahrzeug*; In: Timpe K.-P. (Hrsg.) Kraftfahrzeugführung, Springer Verlag, Berlin
- SHNEIDERMAN, B. (1998): *Designing the user interface: strategies for effective human-computer-interaction*; Addison Wesley Longman, Reading, Massachusetts

- SPANNER, B. (1993): *Einfluß der Kompatibilität von Stellteilen auf die menschliche Zuverlässigkeit*; München, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, Dissertation
- SPSS (1993): *SPSS für Windows, Anwenderhandbuch für das Basissystem*; SPSS GmbH Software, München
- STELZL I. (1982): *Fehler und Fallen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Sozialwissenschaftler*; Verlag Hans Huber, Bern
- STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2002): *Fehlverhalten der Fahrzeugführer als Unfallursache*; <http://www.destatis.de/basis/d/verk/verktab9.htm>, Wiesbaden, Stand: 14. Juni 2002
- THE ALLIANCE OF AUTOMOBILE MANUFACTURERS (2002): *Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced In-Vehicle Information and Communication Systems*; <http://www.autoalliance.org/DF-0402-protected.pdf>, Detroit, Stand: 24. September 2003
- THOMA, J. (1993): *Geschwindigkeitsverhalten und Risiken bei verschiedenen Straßenzuständen, Wochentagen und Tageszeiten*; bfu-Report 20, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern
- TRIEBE, J.K., WITTSTOCK, M. (1996): *Anforderungskatalog für Softwareentwicklung – Auswahl und Anwendung*; Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz; Forschung – Fb 743, Dortmund,
- VOLLRATH, M. (2003): *Möglichkeiten der Nutzung unterschiedlicher Ressourcen für die Fahrer-Fahrzeug-Interaktion*; VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S. 47-58
- WEINBERGER, M., WINNER, H., BUBB, H. (2001): *Adaptive Cruise Control Feldversuch: Die Rolle des Fahrers*; In: Arbeitswissenschaftlicher Kongress: <47.2001, Kassel>, Dortmund: GfA-Press, S. 167-170
- WESSELS, M. (1993): *Aufmerksamkeit und unmittelbares Gedächtnis*; In: Kognitive Psychologie; München, UTB für Wissenschaft: Grosse Reihe S. 87-130
- WINER, B. J. (1971): *Statistical Principles in Experimental Design*; McGraw-Hill Book Company, New York
- ZIEGLER, J. (1994): *Aufgabenanalyse und Systementwurf*; In: Eberleh E. (Hrsg.) Einführung in die Software-Ergonomie – Mensch Computer Kommunikation – Grundwissen 1/2, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, S. 271-297