

Angelika Salmen

Multimodale Menüausgabe im Fahrzeug



Herbert Utz Verlag · Wissenschaft
München

Die Arbeit wurde im Jahr 2002 von der Philosophischen Fakultät IV – Sprach- und Literaturwissenschaften – der Universität Regensburg als Dissertation angenommen.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugleich: Dissertation, Regensburg, Univ., 2002

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2002

ISBN 3-8316-0158-5

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
Tel.: 089/277791-00 – Fax: 089/277791-01

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Vorwort	9
1 Einleitung	15
2 Die Verkehrssituation	21
2.1 Die Handlungssituation <i>Fahren</i>	21
2.2 Strategiebildung	23
2.3 Belastungsgrade	26
2.4 Fazit	28
3 Koordination von System- & Verkehrsinteraktion	31
3.1 Grenzen verteilter Aufmerksamkeit	32
3.2 Memorierungskapazität	36
3.3 Studien zur MMI im Fahrzeug	39
3.3.1 Sprachliche Systeminteraktion	39
3.3.2 Visuelle Systeminteraktion	43
3.3.3 Vergleichende Studien	45
3.3.4 Simultane Systemausgaben	49
3.4 Fazit	51
4 Koordination von Sprache & Text	53
4.1 Sprachrezeption	53
4.2 Sprachproduktion	58
4.3 Fazit	63
5 Das sprachliche Menü	65
5.1 Dialog-Standards	66
5.2 Inhaltsstruktur	67
5.3 Metainformation	71
5.4 Formulierung der Menüpunkte	75
5.4.1 Anfragevokabular	75
5.4.2 Lexikalisch-syntaktische Schematisierung	77
5.4.3 Strukturelle Schematisierung	78

5.4.4	Verwendung von Ellipsen	79
5.5	Numerierung	81
5.6	Menüsteuerung	82
5.6.1	Aktivierung des Spracherkenners	82
5.6.2	Systemnavigation	83
5.7	Fazit	88
6	Die visuelle Ergänzung	91
6.1	Physiologische Grundprinzipien	91
6.1.1	Displayposition	92
6.1.2	Umweltfaktoren	93
6.1.3	Farbgestaltung	93
6.1.4	Schriftzeichen & Anordnung der Information	95
6.2	Umfang der Displayausgabe	96
6.2.1	Optimale Informationsdarstellung	97
6.2.2	Metainformation	99
6.2.3	Displaygröße	101
6.3	Konsequente vs. simultane Ausgabe	101
6.4	Mehrseitige Displayausgaben	104
6.5.1	System- vs. Benutzersteuerung	104
6.5.2	Paging vs. Scrolling	105
6.5.3	Verbaler vs. manueller Seitenwechsel	107
6.5	Fazit: Potentielle effiziente Optionen	108
7	Versuchsdesign	111
7.1	Das System	111
7.1.1	Systemarchitektur	112
7.1.2	Dialogstruktur	115
7.1.3	Displayvarianten	122
7.2	Das Fahrzeug	127
7.3	Die Versuchspersonen	130
7.3	Methodik	130
7.4.1	Versuchsstrecke & Aufgabenstellungen	131
7.4.2	Systeminteraktion	134
7.4.3	Analyse des Blickverhaltens	135
7.4.4	Beurteilung des Fahrverhaltens	135
7.4.5	Erfassung der Belastungssituation	137
7.4.6	Überblick über den Versuchsablauf	138
8	Ergebnisse	141
8.1	Arbeitshypothesen	141
8.2	Profil der Probanden	142

8.3	Systembedienung allgemein	146
8.3.1	Erkenneraktivierung	147
8.3.2	Navigationskommandos	147
8.3.3	Bewertung der Inhaltsstruktur	150
8.4	Sprachliche Systeminteraktion	151
8.4.1	Bewertung der akustischen Menüausgabe	151
8.4.2	Analyse der Systemanfragen	156
8.5	Bewertung der visuellen Ergänzungen	157
8.5.1	Bewertung der Displayvarianten	158
8.5.2	Bewertung der Informationsdarstellungen	161
8.5.3	Bewertung mehrseitiger Menüausgaben	165
8.5.4	Bewertung der Metainformationen	166
8.6	Analyse der Systeminteraktion	168
8.6.1	Analyse der Displayblicke	169
8.6.2	Bearbeitete Aufgaben & Anfrageschritte	174
8.6.3	Anfragezeiten	179
8.6.4	Vorzeitige Menüauswahl	182
8.6.5	Menüwiederholungen	186
8.7	Subjektive Belastungssituation	188
8.8	Analyse der Verkehrsinteraktion	196
8.7.1	Sicherungs- & Tachoblicke	196
8.7.2	Gefährdungsindex	198
8.7.3	Gesamtbeurteilung	201
9	Diskussion & Fazit	207
9.1	Optionalität der Displaynutzung	208
9.1.1	Simultane Menüausgabe	208
9.1.2	Konsekutive Menüausgabe	209
9.2	Visuelle Informationsdarstellung	211
9.2.1	Darstellung der Menüs	211
9.2.2	Mehrseitige Displayausgaben	212
9.2.3	Metainformation	213
9.3	Belastung & Verkehrsinteraktion	214
9.3.1	Entlastung durch die visuelle Ergänzung	215
9.3.2	Gesamtbelastung	216
9.3.3	Fahrverhalten	217
9.4	Fazit	220
	Literaturverzeichnis	223
	Abbildungsverzeichnis	235
	Tabellenverzeichnis	237

Anhang	241
A1 Displaymenüs	243
A2 Erfassungsbögen	247
A2.1 Beobachtungsbögen für den Fahrlehrer	247
A2.2 Fragebogen zur subjektiven Belastungssituation	249
A2.3 Fragebogen zu den Systemvarianten	251
A2.4 Fragebogen zum abschließenden Vergleich	255
A3 Auszug aus dem Dialogprotokoll	257

1 Einleitung

Die Entwicklung der Verkehrssituation, die mehr und mehr an Komplexität gewinnt, macht es erforderlich, die Fahrer in ihrer Verkehrsinteraktion zunehmend zu entlasten. Als State of the Art sind Bordcomputer und Navigationssysteme mit integrierten Verkehrsabfragen zu nennen. Gleichzeitig halten immer mehr Komfortsysteme Einzug ins Fahrzeug wie etwa Klimaautomatik oder HiFi-Systeme mit umfangreicher Funktionalität, und auch Kommunikations- und Office-Anwendungen finden eine anwachsende Verbreitung. Diese Vielfalt bedingt jedoch abermals eine zunehmende Komplexität. Die Bedienvorgänge werden umfangreicher, und die wachsende Anzahl der Bedienelemente führt zu Unübersichtlichkeit. Um die Funktionskontrolle innerhalb des Fahrzeugs zu entlasten, werden von den Fahrzeugherstellern momentan zwei Konzepte verfolgt: Einerseits soll die Bedienung der diversen Systeme über eine zentrale Schnittstelle erfolgen, um die Anzahl der Bedienelemente gering zu halten. Andererseits sollen die Bedienvorgänge sprachlich stattfinden können, um die visuelle Ablenkung vom Verkehrsgeschehen sowie die motorische Ablenkung von der Fahrzeugsteuerung zu reduzieren. Das Bedienkonzept der zentralen Systemsteuerung wurde beispielsweise von BMW durch *iDrive* realisiert. Mit nur einem Knopf, der am vorderen Ende der Mittelarmlehne angebracht ist, lässt sich eine Vielzahl von Funktionen diverser Systeme bedienen, die durch ein zentrales Display dargestellt werden. DaimlerChrysler realisierte mit *LinguaTronic* das erste System, bei dem die Telefonbedienung und eine integrierte Adressbuchverwaltung in einem Command-and-control-Dialog rein sprachlich gesteuert werden konnte.

Die Konzepte der zentralen und der sprachlichen Systemsteuerung weisen gegenüber der herkömmlichen Bedienung zwar deutliche Vorteile auf, dennoch sind sie im Bereich umfangreicher Informationsausgaben als suboptimal einzustufen. Einen zentralen Problembereich stellt hier die Menüausgabe dar. Bei der Präsentation über ein Display beansprucht der Auswahlprozess eines Menüpunktes visuelle Aufmerksamkeit, die die

Beobachtung des Verkehrsgeschehens reduziert. Je umfangreicher die Menüs sind, um so größer wird die visuelle Ablenkung und damit das Gefährdungspotential (LACHENMAYR 1987; WIERWILLE & TIJERINA 1995, 1997). Bei der sprachlichen Interaktion geht dagegen eine mentale Belastung einher. Für die Auswahl müssen die Optionen kurzzeitig memoriert werden, wobei die Memorierungskapazität stark limitiert ist. Bei verbalen Informationen erstreckt sich diese auf 5 ± 2 Einheiten (MILLER 1956; SIMON 1974). Längere Menüs erfordern eine entsprechende Konzentration und können im Extremfall zu einer Überlastungssituation führen (PASHLER & JOHNSTON 1998). Ferner muss aufgrund der technischen Limitationen der maschinellen Spracherkennung die exakte Formulierung des Menüpunktes memoriert werden. Das menschliche Gedächtnis ist allerdings nicht auf die Wiedergabe wörtlicher Formulierungen, sondern auf die Wiedergabe von semantischen Konzepten ausgelegt (ANDERSON 1985), wodurch es zu Erkennungsproblemen und Verzögerungen in der Systeminteraktion kommen kann.

Einen Lösungsansatz stellt die multimodale Menüausgabe dar. Durch den kombinierten Einsatz der sprachlichen und visuellen Ausgabe können die jeweiligen Vorteile genutzt und die Nachteile reduziert werden. Aus Gründen der Sicherheit sollte dabei die sprachliche Systeminteraktion den Hauptmodus darstellen. Sowohl Hören als auch Sprechen produzieren keine Interferenzen mit der visuellen Wahrnehmung oder mit motorischen Reaktionen (cf. FÄRBER 1987; BECKER ET AL. 1995; BENGLER 1995; FRANZ ET AL. 1992), wodurch sich der Einsatz von Sprache prinzipiell als überlegen erwies. Sofern aufgrund der Informationsmenge dennoch Probleme hinsichtlich der Selektion oder der Memorierung von Menüpunkten auftreten, kann die mentale Beanspruchung durch eine ergänzende Displayausgabe entlastet werden. Ferner wird die Eingabe erleichtert, da die Formulierungen abgelesen werden können und damit die Wahrscheinlichkeit von Erkennungsfehlern sinkt. Um die damit einhergehende visuelle Ablenkung einzugrenzen, muss bei den Fahrern auch das Bewusstsein vorhanden sein, die visuelle Komponente nur bei Bedarf und in angemessenen Verkehrssituationen zu nutzen. Daher muss bereits über das Systemdesign ein entsprechendes Benutzerverhalten suggeriert werden, wobei folgende zentrale Kriterien zu nennen sind:

- * Die sprachliche Interaktion muss als alleiniger Modus genügen.
- * Die visuelle Informationsausgabe muss an die sprachliche angepasst werden.
- * Die visuelle Informationsaufnahme muss in kürzester Zeit erfolgen können und deren Gestaltung höchst effizient sein.

In welcher Form sich die Anforderungen über das Systemdesign realisieren lassen, soll im Rahmen dieser Arbeit geklärt werden.

Als Anwendungskontext soll eine elektronische Bedienungsanleitung dienen. Da hier Informationen zu diversen Systemen abgerufen werden können, entspricht sie dem Konzept der zentralen Systembedienung. Der Unterschied ist lediglich, dass die Systeme nicht direkt angesteuert werden, sondern der Aufruf der Funktionen deren Beschreibung zurückliefert. Ferner wurde im Rahmen des Projekts SIMBA¹, bei dem die Autorin mitwirkte, ein Prototyp einer elektronischen Bedienungsanleitung entwickelt, der auf rein sprachlicher Interaktion basiert. Die umfangreichen Daten aus den diesbezüglichen Benutzertests sollen als wesentliche Grundlage für die sprachliche Komponente der multimodalen Anwendung herangezogen werden. Dabei werden die Möglichkeiten einer effizienten und mental entlastenden Informationsvermittlung, Formen der Unterstützung für die Benutzereingaben als auch diesbezügliche Probleme und Grenzen diskutiert (*Kapitel 5*).

Da die Systeminteraktion eine Nebentätigkeit während des Fahrens darstellt, ist nicht nur die mentale Beanspruchung, die durch die Systembedienung entsteht, zu berücksichtigen sondern auch die Beanspruchung aus der Verkehrssituation selbst. Beim Fahren werden kontinuierlich zahlreiche Informationen verarbeitet, die für die Fahrzeugsteuerung, die Interaktion mit den anderen Verkehrsteilnehmern und die Navigation relevant sind (*Kapitel 2*). Das Systemdesign muss folglich den verbleibenden Ressourcen angepasst werden und jederzeit einen Aufmerksamkeitswechsel zulassen, sofern plötzliche Veränderungen in der Verkehrssituation dies erfordern. Dies zieht weiterhin die Fragestellung nach sich, inwieweit eine Verteilung der Aufmerksamkeit auf verschiedene Informationsquellen möglich ist. Dabei ist einerseits zwischen der Wahrnehmung von Reizen und deren Verarbeitung zu unterscheiden, und andererseits sind die Möglichkeiten und Grenzen der diversen Informationskombinationen herauszustellen. Neben theoretischen Erkenntnissen sind hier insbesondere Erfahrungen aus der Mensch-Maschine-Interaktion im Fahrzeug und deren Auswirkungen auf das Fahrverhalten relevant (*Kapitel 3*).

Für die multimodale Menüausgabe spielen ferner die Prozesse der akustischen und textuellen Sprachverarbeitung eine Rolle. Es ist zu klären, inwieweit diese Prozesse sich gegenseitig stützen können, bzw. sich gegenseitig ausschließen. Im Hinblick auf die sprachliche Menüauswahl ist weiterhin die Sprachproduktion zu berücksichtigen. Insbesondere im Kontext der maschinellen Spracherkennung sind Probleme aufgrund der abweichenden Kommunikationssituation im Vergleich zur menschlichen Kommunikation zu diskutieren (*Kapitel 4*).

¹ Das Projekt SIMBA (**S**imulation des intelligenten **m**aschinellen **B**eifahrers) wurde an der Universität Regensburg in Kooperation mit DaimlerChrysler von 1996 bis 1999 durchgeführt.

Im Hinblick auf die Realisierung der ergänzenden visuellen Menüausgabe ergeben sich nun eine Reihe von Fragestellungen (*Kapitel 6*):

Zunächst ist der Zeitpunkt der Displayausgabe relevant. Die Kombination der Modi kann entweder in Form einer konsekutiven oder in Form einer simultanen Menüausgabe erfolgen. Wird das visuelle Menü erst nach Beendigung der Sprachausgabe präsentiert, dürfte sich dies unterstützend auf die Bewusstseinshaltung auswirken, die sprachliche Interaktion als primären Modus zu nutzen. Eine simultane Menüausgabe bietet dagegen den Vorteil, Informationslücken aufgrund Verständnisschwierigkeiten oder Geräuschüberlagerungen direkt schließen zu können. Allerdings könnte sie auch dazu verleiten, die sprachliche Ausgabe zu vernachlässigen und damit die visuelle Aufmerksamkeit gegenüber dem Verkehrsgeschehen zu reduzieren.

Um eine effiziente Informationswahrnehmung zu ermöglichen, ist neben physiologischen Kriterien auch die Wahrnehmungsperformanz zu berücksichtigen. Da das Lesetempo mit zunehmendem Informationsumfang sinkt (KOZMA 1991) und komplexe visuelle Informationen negative Effekte auf die Fahrzeugsteuerung haben (cf. BRUCKMAYR & REKER 1994, BURNETT & JOYNER 1997, SRINIVASAN & JOVANIS 1997), ist ein Optimum der Informationsmenge festzustellen, das eine Erfassung mit wenigen Blicken ermöglicht. Dies betrifft die maximale Zeilenanzahl, aber auch die Frage, inwieweit die visuelle Präsentation von Metainformationen relevant ist. Eine Begrenzung auf eine maximale Zeilenanzahl bedeutet bei umfangreicheren Menüs deren Aufspaltung in Teilmenüs. Da die Kontrolle über den Seitenwechsel jedoch eine zusätzliche Beanspruchung mit sich bringt, ist die Effizienz der Wahrnehmung auch in Kombination mit den nötigen Kontrollmechanismen zu untersuchen.

Bei mehrseitigen Menüausgaben sind ferner die Kontrollformen zu untersuchen. Bei der simultanen visuellen Menüausgabe ist ein systemgesteuerter Seitenwechsel zu präferieren, da die Parallelität zur Sprachausgabe gewährleistet sein muss. Bei der nachträglichen Menüausgabe dürfte sich dagegen ein benutzergesteuerter Seitenwechsel positiver auswirken, da die Lesegeschwindigkeit den individuellen Bedürfnissen wie der aktuellen Verkehrssituation angepasst werden kann. Dabei stehen die Optionen der manuellen und der kommandogesteuerten Kontrolle gegenüber. Die simultane mehrseitige Menüausgabe kann ferner in Form eines Scroll- oder eines Pagemodus realisiert sein. Es ist anzunehmen, dass Paging vorteilhafter ist, da das zu erfassende Informationsbild stabil und somit leichter zu wahrzunehmen ist. Das Scrolling verursacht hingegen Bewegung, die generell Aufmerksamkeit auf sich zieht (DIN EN 984-2 1997).

Die Anwahl von zahlreichen Funktionen über eine zentrale Schnittstelle bedingt weiterhin, dass deren Bezeichnungen eindeutig formuliert und

voneinander abgrenzbar sein müssen. D.h. es sind phrasale Menüpunkte erforderlich, die den textuellen Umfang erhöhen. Hier ist zu überprüfen, ob die Leseperformanz durch Verwendung von Abkürzungsformen verbessert werden kann, oder ob es aus Gründen des Wiedererkennungseffekts mit den sprachlichen Ausgaben erforderlich ist, die Menüpunkte in Volltextform zu präsentieren. Da aufgrund des begrenzten Raumangebots im Fahrzeug oftmals nur kleine Displays zur Verfügung stehen, ist darüber hinaus die Leseperformanz hinsichtlich zweizeiliger Menüpunkten zu untersuchen. Die Gegenüberstellung von Volltext und Abkürzungsformen ist schließlich aus der Perspektive des Anfrageverhaltens interessant. Da die visuelle Menüausgabe auch Vorlagecharakter besitzt, könnte sich die Verwendung von Abkürzungsformen negativ auf die nötigen exakten Anfrageformulierungen auswirken.

Aus den angeführten Kriterien wurden vier Displayvarianten als Ergänzung zur sprachlichen Komponente der exemplarischen Bedienungsanleitung erstellt. Das System wurde auf einem PC implementiert und in ein Testfahrzeug integriert (*Kapitel 7*). Die Versuchsfahrten fanden im realen Straßenverkehr statt, wobei die Varianten hinsichtlich einer effizienten Systeminteraktion, der subjektiven Belastungssituation und der Verkehrssicherheit überprüft wurden. Dazu dienten Fragebögen für die Probanden, eine anschließende Analyse der Systeminteraktion sowie die Beurteilung des Fahrverhaltens durch einen assistierenden Fahrlehrer.