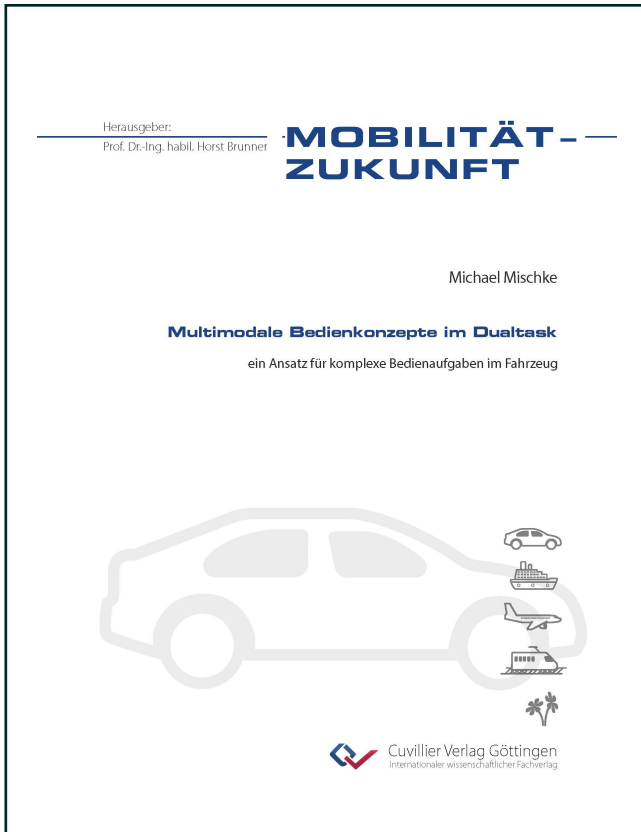




Michael Mischke (Autor)
Multimodale Bedienkonzepte im Dualtask
ein Ansatz für komplexe BediENAufgaben im Fahrzeug



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8845>

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

1 Problemstellung und Motivation

“Elektronikflut im Fahrzeug erstickt Fahrkomfort und Sicherheit.”

aus Lochmeier (2007)

1.1 Problemstellung

Radios mit wenigen Tasten und Funktionen stehen am Beginn einer rasanten und vielfältigen Entwicklung von Bedienelementen im Fahrzeug. Heutzutage bietet die technische Entwicklung zur Unterhaltung und Information des Fahrers integrierte Infotainmentsysteme mit Radio, Medienspieler, Navigationssystem, Telefon und vielen weiteren Funktionen. Zur Bedienung dieser funktionsreichen Systeme sind Drehdrücksteller, Tasten und Touchscreens bekannt, Sprachdialogsysteme halten Einzug und aktuelle Entwicklungen in der Technik automotiver Infotainment-Systeme bieten zudem neue Funktionen an, welche zuvor nur bei Mobiltelefonen, PCs oder Home-Entertainment-Systemen zur Verfügung standen und in Zukunft auch während der Fahrt im Fahrzeug bedient werden können und sollen. Mit dem Umfang der Bedienoptionen steigen allerdings auch die Anforderungen an den Fahrer, im Ernstfall bis zum von Lochmeier befürchteten Ersticken von Komfort und Sicherheit (siehe oben), denn obwohl neue Funktionen den erwünschten Sicherheitsgewinn und den Komfort fördern sollen, können sie auf Grund ihrer komplexen Bedienung überfordern. Viele neue Funktionen erfordern nicht mehr nur eine klassische Listenbedienung zur Auswahl verschiedener Optionen, wie es für Radios und Klimaanlage üblich war, sondern beinhalten die Eingabe von ganzen Worten, Eigennamen und das Suchen von langen Begriffen in großen Datenmengen. Aus diesen Entwicklungen ergeben sich zwei Problemstellungen:

1. Die Bedienung integrierter Infotainmentsysteme kann auf Grund von Bedienumfang und Funktionenvielfalt zur Beeinträchtigung der Fahrleistung führen.
2. Die Fülle der integrierten Infotainmentsysteme und der Bedienumfang einzelner Systeme werden steigen.

Während der erste Punkt vor allem die kognitiven Fähigkeiten des Nutzers fokussiert, stehen beim zweiten Wirtschaftlichkeit, Innovation und nicht zuletzt die Bedürfnisse des Nutzers im Zentrum. Die parallele Bearbeitung von Bedien- und Fahraufgaben, welche den oben genannten Konflikt auslösen, wird im Folgenden unter dem Begriff Dualtask zusammengefasst. Der Forschungsbedarf dieser

Arbeit resultiert maßgeblich aus der Diskrepanz zwischen dem Stand der Forschung im Bereich der Bedienkonzepte für PC sowie Unterhaltungselektronik und dem Stand der Technik automobiler Infotainmentsysteme.

1.2 Stand der Technik automobiler Infotainmentsysteme bei Audi

Diese Arbeit wurde im Kontext der zur Zeit (2005-2008) bei der AUDI AG verfügbaren Systeme erstellt und setzt damit an Herausforderungen an, die mit den derzeitigen technischen Lösungen der oben beschriebenen Problemstellungen auftreten. Grundlage dieser Arbeit stellt das Infotainment System (mit u.a. Radio, Media, Telefon und Navigationssystem) "Audi Multi Media Interface" (MMI) aus den Baureihen Audi A8, Audi A6, Audi Q7 und Audi A4 dar. In den anderen Baureihen (A3, TT, R8) wird dieselbe Bedienlogik, adaptiert auf ein Doppel-DIN-Schacht Gerät mit dem Namen Navigation Plus, vertrieben, auf die die Ergebnisse dieser Arbeit auch anwendbar sind.

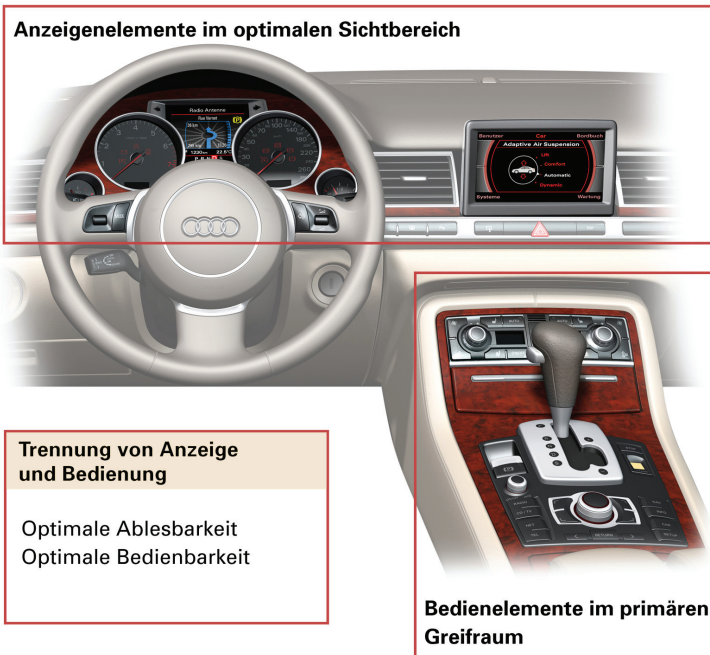


Abbildung 1.1: Das Audi Multi Media Interface

Das MMI besteht aus verschiedenen Ein- und Ausgabemodalitäten, die in ihrem räumlichen Zusammenhang im Cockpit des A8 in Abb. 1.1 dargestellt sind. Es handelt sich um den Drehdrücksteller (DDS), der von 15 Tasten und einem zweiten Drehregler umgeben und vor dem Schalthebel angeord-

net ist. Diese Gruppe von Bedienelementen dient zur Bedienung des Displays in der Mittelkonsole. Ein weiteres Display ist im Kombiinstrument zwischen Tachometer und Drehzahlmesser zu erkennen, es wird mit den Bedienelementen auf der linken Speiche des Lenkrades bedient. Auf der rechten Seite des Lenkrads befindet sich ein zusätzlicher Lautstärkereger und die *“Push-to-Talk - Taste”* (PTT) zur Aktivierung des *“Sprachdialogsystems”* (SDS). Mit dem Ziel, komplexe Bedienschritte in diesen Systemen zu vereinfachen und den Herausforderungen künftiger Funktionen und Kundenbedürfnissen Rechnung zu tragen, wurde exemplarisch die Navigationszieleingabe während der Fahrt im MMI untersucht. Das System verfügt derzeit zur Eingabe von Navigationszielen über den Drehdrücksteller sowie über ein Sprachdialogsystem (SDS). Das SDS nutzt das Display zur Anzeige von Auswahllisten ähnlich wahrscheinlicher Erkennungsergebnisse - so genannter Disambiguierungslisten. Diese Listen sind ausschließlich sprachbedienbar, in dem die Zeile mit dem gewünschten Begriff per Sprache, z.B. mit dem Kommando *“Zeile X”* ausgewählt wird. Das SDS muss zur Eingabe eines Navigationszieles mit festen Kommandos in einer immer gleichen Reihenfolge definierter Schritte bedient werden. Eine solche Eingabe muss immer mit dem Kommando *“Navigation”* (eine geringe Menge von Synonymen ist bei jedem Dialogschritt hinterlegt) begonnen werden. Wird dieses Kommando erfolgreich eingegeben, kann das Kommando *“Ziel eingeben”* folgen und ein Dialog mit Disambiguierungsschritten beginnt. Wird eine Taste des MMI Systems, der DDS oder das Multifunktionslenkrad (MFL) bedient, bricht dieser Dialog ab und kann nur erneut von vorne begonnen werden. Dieser komplizierte und unflexible Dialog, verknüpft mit den technischen Einschränkungen des SDS selbst, welches nicht in jeder Fahrsituation, nicht von jedem Nutzer (Tonlage, Akzent, Dialekt, etc.) und immer nur mit einer begrenzten Erkennerleistung bedient werden kann, führt zu einer wenig akzeptierten Bediengüte (Details, siehe Abschnitt 2.3.1). Nichts desto trotz werden die Fahrzeuge der AUDI AG zu einem hohen Grad mit Navigationssystemen gekauft und der Wunsch, diese während der Fahrt bedienen zu können, wird sowohl von Kunden als auch von Entwicklern vertreten. Die Bedienung des Systems während der Fahrt kann aus verschiedenen Gründen und unter bestimmten Umständen die Sicherheit im Verkehr beeinträchtigen. (Daher erfolgt aus Gründen der Fahrzeitorientierung oft nur eine grobe Eingabe vor Fahrtantritt (Annahme des Autors), eine Verfeinerung wird während der Fahrt durchgeführt.) Nutzer, die eine Vielzahl ihnen unbekannter Ziele an einem Tag geschäftlich anfahren, gehören zu den Kunden der AUDI AG. Eine komfortable Bedienung des Navigationssystems und auch anderer Teilsysteme des MMI bilden damit eine Herausforderung in der Weiterentwicklung der Mensch-Maschine-Kommunikation, zu der diese Arbeit beitragen soll. Der Lösungsansatz, der in dieser Arbeit vorgestellt, diskutiert und untersucht wird, beschreibt einen multimodalen Umgang mit den angebotenen Eingabemodalitäten.

1.3 Lösungsansatz: Multimodalität

Der Begriff Multimodalität steht im Zentrum dieser Arbeit und beschreibt einen Trend in der Bedienkonzeptentwicklung, ein Attribut der Mensch-Maschine-Interaktion. Es beschreibt die Mensch-Maschine-Interaktion unter Verwendung verschiedener Sinneskanäle wie zum Beispiel Sprache, eine

visuell haptische Schnittstelle mit einer Anzeige oder einer Tastatur u.ä.. Die Forschung unterschiedlicher Disziplinen im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion geht davon aus, dass Schnittstellen durch die Nutzung von verschiedenen Sinnen und Sinneskanälen bei der Interaktion natürlicher, fehlerrobuster und effizienter werden. Solche multimodalen Schnittstellen führen zu einem an Situation, Vorlieben und Fehler anpassbaren Gebrauch, der dem Nutzer mehr Freiraum und Akzeptanz bietet (Krämer & Nitschke, 2001; Minker, Bühler & Dybkjaer, 2005; Totzke, 2001; Oviatt & Cohen, 1994; Oviatt, 2002; Sharma, Pavlovic & Huang, 1998). Abseits der in dieser Arbeit vorgestellten Dualtask-Problematik hat eine Erforschung und Bearbeitung dieser Herausforderungen in anderen Domänen stattgefunden. Multimodalität als mögliche Antwort auf die Anforderungen neuer Funktionen wird beispielweise in Bereichen der Militärplanung, der Medizintechnik, der Computersoftware seit einigen Jahren untersucht und eingesetzt (Neuss, 2001). Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Übertragung dieser Konzepte ins Fahrzeug und bewertet anhand von Untersuchungen multimodaler Systeme im Dualtask die Vorteile einer Verknüpfung neuer Modalitäten mit den bisher im Fahrzeug verwendeten. Aus den oben beschriebenen Überlegungen und Erläuterungen bestimmen folgende Punkte zusammenfassend das Erkenntnisinteresse dieser Arbeit:

- Grad der Akzeptanz der Multimodalität,
- Präferenzen bei der Nutzung von Modalitätskombinationen,
- Auswirkung der Sprachbedienung auf die Fahraufgabe,
- Auswirkung multimodaler Bedienung auf die Fahraufgabe,
- Grad der Akzeptanz und Usability des Touchpads und der verschiedenen Bedienmodalitäten im Dualtask,
- Grad der Akzeptanz und Effektivität der Handschrifterkennung,
- Gestaltung des intuitiven Umgangs mit einem redundanten System,
- Lerneffekte im Umgang mit Multimodalität,
- Grad der Akzeptanz und Nutzungsprobleme bei der Sprachbedienung.

Anhand dieser Punkte werden Hypothesen formuliert, auf welche die empirischen Studien aufbauen, die mit dieser Arbeit vorgestellt werden.

1.4 Motivation und Ziele

Die in Abschnitt 1.3 beschriebenen Punkte können eine Verbesserung der Bedienung zukünftiger Infotainmentsysteme im Fahrzeug bewirken. Diesem Ziel soll sich durch die (weitere) Integration neuer

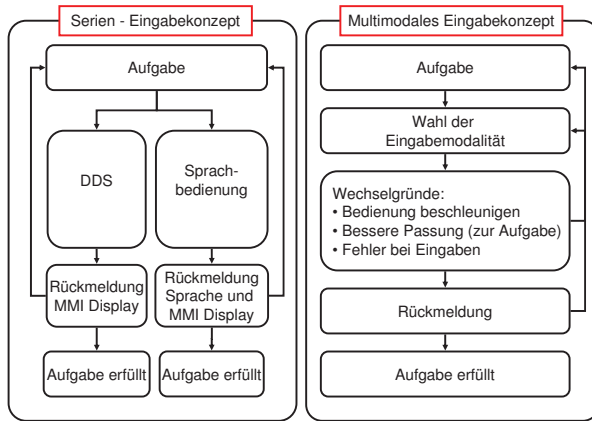


Abbildung 1.2: Ausgangszustand links: Bedienablauf bei zwei Modalitäten (DDS und Sprache) zwischen denen nicht gewechselt werden kann - Ziel rechts: Multimodale Eingabe: Beliebig häufige Wechsel zwischen Eingabemodalitäten innerhalb einer Aufgabe

Eingabemodalitäten wie Handschrifterkennung oder Spracherkennung und deren Kombination zu sogenannten *Multimodalen Bedienkonzepten* ins Fahrzeug genähert werden. Diese Integration erfolgt unter Anpassung des Bedienkonzepts sowie dessen benutzerfreundlichen Gestaltung, um einer Erhöhung der kognitiven Belastung des Fahrers entgegenzuwirken. Dabei werden auch Möglichkeiten der technischen Entwicklung der Einzelsysteme nicht ausgeschlossen. Da sich die Problematik im Spannungsfeld der Mensch-Maschine-Kommunikation bewegt, werden als Analogie und Vorbild die natürlichen Kommunikationsmerkmale und -gewohnheiten des Menschen herangezogen, da in der direkten Mensch-Mensch-Interaktion automatisch und intuitiv multimodal kommuniziert wird. Dies spiegelt sich unter anderem bei der visuellen Unterstützung einer auditiv wahrgenommenen Information durch Mimik und Gestik oder dem Lesen von Lippenbewegungen wider. Bleibt dieses Zusammenspiel nicht eindeutig, kann auf Schrift oder Skizzen als weiteren Kommunikationskanal ausgewichen werden. Bei Missverständnissen in der multimodalen Mensch-Mensch-Interaktion ist es möglich, nur den Teil der Interaktion zu korrigieren, der zur fehlerhaften oder eingeschränkten Informationsübertragung geführt hat. Die Wiederholung einer bereits erfolgreichen Informationsvermittlung innerhalb des Kontextes ist nicht erforderlich. Das in 1.2 beschriebene SDS des aktuellen Audi MMI illustriert den technischen Stand und den Unterschied zur Mensch-Maschine-Kommunikation: Ein Wechsel vom Drehdrücksteller zum Sprachdialogsystem erfordert einen Neustart der haptisch begonnenen Eingabe. Eine erfolgreich eingegebene Information wird vom Sprachdialogsystem nicht übernommen - ein Informationsverlust, der bei einem "aktiven Beifahrer" nicht zu erwarten wäre. Wie in Abb. 1.2 zu erkennen ist, ist eine Erfüllung der Aufgabe nur mit jeweils einer Modalität und ohne Wechsel möglich. Die Anzeige für Navigationszieleingaben ist immer das MMI Display. Zwei Aspekte der Multimodalität natürlicher Mensch-Mensch-

Kommunikation finden in der Mensch-Maschine-Kommunikation keine Entsprechung: Der visuelle Kanal mit dem Fokus auf Mimik und Gestik wird von der Maschine nicht zur Disambiguierung der menschlichen Eingaben genutzt und beliebige Wechsel der Modalitäten in Bezug auf Reihenfolge und Hierarchie an wiederum beliebigen Punkten einer Eingabe ist nicht möglich. Diese beiden Aspekte werden in dieser Arbeit als mögliche Ursache für Probleme und Missverständnisse diskutiert. Diesen natürlichen Kommunikationsmerkmalen auch in der Mensch-Maschine-Kommunikation gerecht zu werden, ist Ziel der in dieser Arbeit angeführten Ansätze und Überlegungen. Intuitivere Interaktionsformen sollen die Eingabe komplexer Funktionen ermöglichen und die daraus resultierenden Probleme und Kommunikationshürden sollen durch Wechsel zu eindeutigen Bedienformen umgangen oder behoben werden können. Es wird vom Autor angenommen, dass dieses Verhalten Nutzern eine effektive, effiziente und akzeptierte Art der Interaktion mit den sogenannten tertiären (nicht für das Fahren direkt oder mittelbar erforderlichen) Funktionen im Fahrzeug ermöglichen kann. Multimodal wäre eine Eingabe im Sinne des Autors, wenn eine Eingabe entsprechend der Abb. 1.2 mit beliebig vielen Wechseln zwischen mehreren Eingabemodalitäten auf Grund unterschiedlicher Gründe stattfinden könnte und das Feedback nicht auf ein Display beschränkt bliebe. Neben der Entwicklung, Umsetzung und Integration neuer Bedienelemente liegt ein weiterer Fokus auf der teilweisen Anpassung des Bedienkonzeptes an den multimodalen Charakter der natürlichen Kommunikation. Die Erkennung von Handgesten und Mimik sowie eine Emotions- oder Fahrerzustandserkennung wird aus technischen Gründen und zu Gunsten einer zeitnahen Realisierung des untersuchten Konzeptes in dieser Arbeit nicht betrachtet. Eine wichtige Rolle spielt dagegen die Handschrifterkennung sowie die Untersuchung von Zeichengesten für Bestätigung und Korrektur einer Eingabe auf einem Touchpad. Bei der Integration von Sprache in ein multimodales Gesamtbedienkonzept wird in dieser Arbeit eine mögliche Dialogstrategie diskutiert. Da voraussichtlich auch in Zukunft die Erkennung von Spracheingaben im Fahrzeug nicht fehlerfrei bleibt, liegt ein zusätzlicher Schwerpunkt dieser Arbeit in der Untersuchung des Umgangs mit Erkennungsfehlern. Daher wurde für die Untersuchungen ein authentisches System mit systematischem Fehler und kein "Wizard-of-Oz" System verwendet (in dem ein menschlicher Operator ein technisches System spielt). Für die optische Rückmeldung der Interaktion existieren drei verschiedene Anzeigevarianten: das zentrale Display in der Mittelkonsole und zwei bisher für diese Interaktionen nicht genutzte Anzeigen: Das Display im Kombiinstrument und ein Headup-Display, das bei Audi nicht angeboten wird. Der vorliegende Entwurf eines Gesamtkonzeptes für multimodale Eingaben integriert auch die Displayauswahl in die Betrachtung. Das System Mensch-Fahrzeug ist ein relevantes Forschungsgebiet, nicht zuletzt, weil es auf Grund des hohen Problembewusstseins auf politischer Ebene Finanzmittel für Forschung und Entwicklung gibt. Auf Grund der rasanten Entwicklung in Bereichen wie Mobilfunk, Medienwiedergabe oder Navigation sind die Automobilhersteller darauf angewiesen, mit eigenen Konzepten, neuen Funktionen und vor allem einer sicheren und komfortablen Bedienung während der Fahrt in diesem Wettbewerb mitzuhalten und daher an Innovationen zur Verbesserung der Funktionsvielfalt und Bedienung interessiert (Meroth & Tolg, 2008).

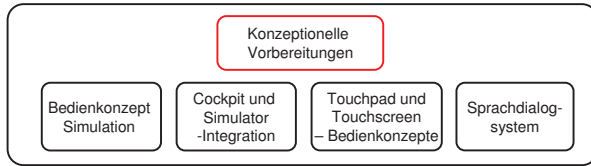


Abbildung 1.3: Arbeitsschritte zur Vorbereitung der Studien

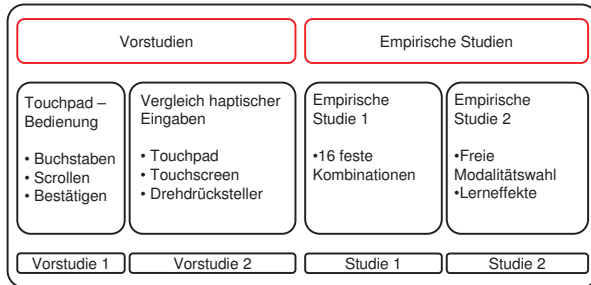


Abbildung 1.4: Abfolge und Inhalte der durchgeführten Studien

1.5 Vorgehensweise - empirische Untersuchungen

In dieser Arbeit liegt neben konzeptionellen Überlegungen (siehe Abb. 1.3) und Vorstudien zur Multimodalität (siehe Abb. 1.4) der Fokus auf empirischen Untersuchungen eines multimodalen Bedienkonzeptes im Dualtask. Die Vielfalt der Ausprägungen erfordert die Konzeption, Durchführung und Auswertung verschiedener empirischer Studien zur technischen Umsetzung einer repräsentativen Navigationszieleingabe in einer Bedienkonzeptsimulation mit fünf Eingabe- und vier Ausgabemodalitäten. In der vorliegenden Arbeit wird auf eine Studie mit einem fahrbaren Prototyp und auf drei Fahrstudien eingegangen. Die intuitive Modalitätswahl der Probanden stand im Mittelpunkt der Untersuchungen, verzichtet wurde dagegen auf den Vergleich aller denkbaren Kombinationen und Abfolgen dieser Modalitäten. Das entwickelte Versuchsdesign für den Fahrstudien bietet die Möglichkeit, Lerneffekte zu untersuchen sowie Auskunft über die Rolle der einzelnen Modalitäten im Gesamtkonzept zu geben. Die Übertragbarkeit von Vorteilen der Multimodalität, wie sie in Abschnitt 2.5 dargelegt wird, wird anhand von zwei empirischen Experimenten im Fahrstudien untersucht. Dafür wurde ein experimentelles, multimodales Bedienkonzept entsprechend den theoretischen Konzepten der Ergonomie und der Kognitionspsychologie entworfen. Vorteile für die Dualtask Bedienung werden durch eine möglichst flexible Einbindung eines Sprachdialogsystems erwartet, da dies bezogen auf die Kompatibilität verfügbarer Schemata und mentaler Ressourcen haptisch visuellen Bedienkonzepten überlegen sein sollte. Die Notwendigkeit einer Einbindung in ein multimodales Bedienkonzept besteht aufgrund häufig erfolgloser oder als fehlerbehaftet eingeschätzten Bedienvorgänge der derzeitigen

tigen Sprachbedienung. Zugrunde gelegt wurde die Annahme, dass die damit verbundenen Nachteile ungenügend von den Nutzern akzeptiert werden (siehe 2.3.1). Für die beiden Studien wurde ein multimodales Bedienkonzept in der Simulationsumgebung EB Guide Studio basierend auf dem Audi MMI implementiert und sowohl mit seriennahen Bedienelementen (DDS und MFL) als auch mit einem Touchscreen bedienbar gestaltet. Zusätzlich wurde das neu entwickelte Konzept um ein Touchpad mit Handschrifterkennung erweitert. Auch hier wird - wie bei der Sprachbedienung - ein Vorteil gegenüber traditionellen haptisch visuellen Bedienkonzepten auf Grund höherer Kompatibilität und eindeutiger Schemata für die Buchstabeneingabe erwartet. Abschließend wurde das optische Feedback auf den drei verfügbaren Anzeigeorten dargestellt. Für die konzeptionelle Vorbereitung wurde eine Studie mit dem Touchpad (Vorstudie 1) und eine vergleichende Studie zur Buchstabeneingabe mit Touchscreen, Touchpad und Drehdrücksteller (Vorstudie 2) durchgeführt. In beiden Studien zur Multimodalität (siehe Abb. 1.4) wurden zusätzlich Befragungen durchgeführt und ausgewertet. Ausgezählte Bedienungshäufigkeiten geben zusätzlich einen Anhaltspunkt für die Ausgestaltung multimodaler Systeme im Fahrzeug. Fahrdaten wurden nur in der zweiten Studie und beim Direktvergleich zwischen Touchpad, Drehdrücksteller und Touchscreen erhoben. Zur Auswertung der Fahrdaten war es notwendig das intuitive Verhalten der Probanden in der zweiten Studie anhand verschiedener Kategorien zu kodieren um diese mit der Serienbedienung vergleichen zu können. Nach einer Darstellung der theoretischen Grundlagen und der Formulierung von Hypothesen zur Multimodalität im Dualtask folgt eine Beschreibung der Untersuchungsumgebung und der verwendeten methodischen Konzepte. Die erarbeiteten Ergebnisse werden anschließend erläutert und interpretiert, den Hypothesen gegenübergestellt und in diesem Kontext diskutiert. Abgerundet wird diese Arbeit durch einen Forschungsausblick, welcher Themen beleuchtet, die in dieser Arbeit nur am Rand erwähnt bleiben können oder aus den Ergebnissen und Erkenntnissen der hier vorgestellten Studien resultieren.

2 Mensch-Fahrzeug-Interaktion

In diesem Kapitel wird der theoretische Rahmen beschrieben, in dem sich diese Arbeit bewegt. Es geht um Verbesserungen der Mensch-Fahrzeug-Interaktion. Der Fokus liegt auf der Verbesserung der Schnittstellen zwischen Mensch und Fahrzeug. Um das Potenzial der Multimodalität zur Verbesserung bewerten zu können, erfolgt nach der Darstellung der allgemeinen Grundlagen zur Mensch-Maschine-Interaktion (vergleiche Abb. 2.1) eine Eingrenzung auf die Mensch-Fahrzeug-Interaktion, eine detaillierte Betrachtung des Systems "Mensch" und seiner kognitiven Strukturen.

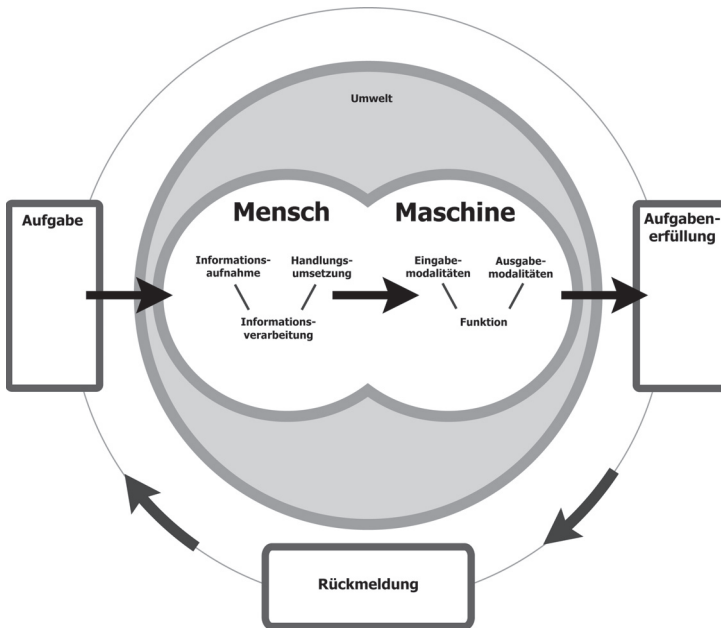


Abbildung 2.1: Überblick über Mensch-Maschine-Interaktion nach Bubb (1993)

Anschließend folgen technische Informationen zu Ein- und Ausgabemodalitäten im Fahrzeug. Der darauf folgende Abschnitt beschreibt den Stand der Technik zur Multimodalität, die Vorteile dieses Ansatzes für die Mensch-Maschine-Interaktion und die aus der Theorie abgeleiteten Annahmen für das Potenzial von Multimodalität im Dualtask. Dieser Abschnitt soll vermitteln, warum mit dieser Arbeit ein Transfer bekannter Erfolge aus anderen Forschungsgebieten ins Fahrzeug angestrebt wird.

Abschließend werden die möglichen Ansätze für Verbesserungen der Mensch-Fahrzeug-Systeme zusammengefasst.

2.1 Mensch-Maschine-Systeme

2.1.1 Grundlagen zur Ergonomie von Mensch-Maschine-Systemen

Die Ergonomie kann entsprechend der Ursprünge des Kunstwortes aus den griechischen Worten *ergon* (=Arbeit) und *nomos* (=Gesetz; Gesetzmäßigkeit) als die Lehre von der menschlichen Arbeit bezeichnet werden (Spanner-Ulmer, 2007). Die Beschreibung und Gestaltung von Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine für technische Systeme ist ein Teilgebiet der Ergonomie und basiert auf dem Wissen um das Optimierungspotenzial dieses vielseitigen Gestaltungsbereiches. Alle Teilsysteme der Mensch-Maschine-Interaktion (vergleiche Abb. 2.1) bieten Potenzial für Verbesserungen und werden von der Ergonomie betrachtet. Für die zielführende Interaktion zwischen Mensch und Maschine hat Bubb (1993) drei Gestaltungsmaxime aufgestellt, die den Arbeitsbereich verdeutlichen:

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

Wichtige Gestaltungsfragen sind demnach die Eignung eines technischen Systems zur Erfüllung der Aufgabe sowie Systembestandteile, die dem Menschen Rückmeldung darüber geben, ob er seine Ziele erreicht. Kompatibilität beschreibt den Erfolg einer technischen Gestaltung, die Informationen, welche zwischen der Maschine und dem Menschen ausgetauscht werden müssen, derart zu kodieren, dass der Lernaufwand des Menschen möglichst gering ausfällt. Dies ist durch die Gestaltung von Ein- und Ausgabemodalitäten zu optimieren, aber auch durch die Anpassung der Information an die Aufgabe und die Situation des Menschen.

Belastungs- und Beanspruchungsmodell

Mit einem weiterführenden Modell der Arbeitswissenschaft, dem Belastungs- und Beanspruchungsmodell von Bullinger (1994), Hoyos und Frey (1999), weiter modifiziert durch Johannsen (1993), dargestellt in Abb. 2.2, lassen sich unterschiedliche subjektive Auswirkungen derselben Mensch-Maschine-Interaktion auf unterschiedliche Menschen erklären. Im Zentrum des Modells steht der Mensch, der durch eine Aufgabe oder eine Menge an Aufgaben belastet wird. Entsprechend seinen