



Andreas Blattner (Autor)  
**Bedienkonzeptentwicklung für  
Fahrerinformationssysteme basierend auf einem  
Touchpad mit haptischer Rückmeldung**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8808>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



## 1. Einleitung

Setzt man sich heutzutage in ein modernes Automobil, so unterscheidet sich der Innenraum bzw. im Speziellen die Mittelkonsole erheblich von früheren Fahrzeugen. In vergangenen Tagen waren beispielsweise ein Radio und eine Heizung alles, was ein Pkw an Unterhaltungs- und Komfortfunktionen zu bieten hatte. Deren Bedienung wurde über Knöpfe, Schieber und Anzeigeeinstrumente ermöglicht. Für die große Funktionsvielfalt moderner Fahrzeuge ist dies nicht mehr praktikabel (Broy, 2011), da die enorme Vielzahl an Bedienelementen zu einer starken, zusätzlichen visuellen Belastung des Fahrers führen würde (Bernstein, Broecker, Marz & Robin, 2001). Daher findet man dort heute sogenannte Infotainmentsysteme oder auch Fahrerinformationssysteme (FIS) vor. Diese bestehen aus einer Anzeige-/ Bedieneinheit, welche kombiniert (z.B. Touchscreen) oder getrennt (z.B. Mitteldisplay und Dreh-Drück-Steller) ausgeführt sein kann, und einem zugehörigen Menüsystem. Darüber lassen sich zentral die unterschiedlichen Funktionen und Features des Fahrzeugs aus den Bereichen Entertainment, Information, Kommunikation und Assistenz bedienen (Meroth, Tolg & Plappert, 2008). Einige Beispiele hierfür sind Radio, Navigationssystem, Telefon und auch Fahrerassistenzsysteme. Dabei ist allerdings noch keine Obergrenze erreicht, denn es werden laufend weitere Funktionen ins Fahrzeug integriert – Internet, Mail, TV, Anbindung von Smartphones, Einbindung von Apps sind als Beispiele zu nennen. Diese stetig wachsende Fülle an Funktionen geht laut Eibl (2011) einher mit einer Abnahme der Gebrauchstauglichkeit der Systeme und einer zunehmenden Beanspruchung und Belastung für den Fahrer. Vor allem wenn diese Features während der Fahrt, also in einer sogenannten Dual-Task Situation, bedient werden. Zudem sind Fahrerinformationssysteme nach Meroth & Tolg (2008) sowie Heilemann & Palm (2011) inzwischen hochkomplexe Systeme, an die hohe Anforderungen in Bezug auf innovative Technik, Qualität, Sicherheit und Lebensdauer gestellt werden. Denn sie sollen eine Bedienung aller Tertiärfunktionen (i.e. Unterhaltungs- und Komfortfunktionen) (Rassl, 2004), die das Fahrzeug heute oder auch in Zukunft zu bieten hat, bei minimalem Ablenkungsgrad von der eigent-



lichen Hauptaufgabe der Fahrzeugführung ermöglichen. Deshalb soll in dieser Arbeit bei der Entwicklung eines Gesamtbedienkonzepts die folgende zentrale Fragestellung berücksichtigt und geklärt werden:

*Wie kann eine möglichst effiziente und intuitive Interaktion zwischen Fahrer und Fahrerinformationssystem realisiert werden?*

Zur Beantwortung der Frage liegt der Fokus zum einen auf dem Fahrer bzw. dem Menschen mit seinen Eigenschaften und Fähigkeiten (siehe Abschnitt 2.3). Dieser durchläuft nach Wickens (2009) für die Ausführung einer jeden Handlung, wie zum Beispiel die Auswahl einer Tertiärfunktion des Fahrzeugs, den „Informationsverarbeitungsprozess des Menschen“. Dieser Prozess, der in Abschnitt 2.3 genauer erläutert wird, besteht aus den drei Phasen Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und Informationsumsetzung (Bubb, 1993a). Zum anderen steht das Fahrerinformationssystem im Vordergrund, über das der Fahrer die Tertiärfunktionen des Fahrzeugs bedienen kann. Damit die Interaktion zwischen beiden möglichst effizient und intuitiv abläuft, sollte das Fahrerinformationssystem für alle drei genannten Phasen des Informationsverarbeitungsprozesses an die Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen angepasst werden.

Für die Aufnahme von Informationen aus der Umwelt stehen dem Menschen seine fünf Sinne Fühlen (=haptischer Sinn), Sehen (=visueller Sinn), Hören (=auditi- ver Sinn), Riechen (=olfaktorischer Sinn) und Schmecken (=gustatorischer Sinn) zur Verfügung (Bubb, 1993a). In Anlehnung an Dahm (2006) beschränken sich die meisten heute vorkommenden Mensch-Maschine-Systeme (siehe Kapitel 2) auf den visuellen, den auditiven und den haptischen Sinn. Bei der Bedienung eines Fahrerinformationssystems während der Fahrt besteht jedoch ein genereller Nachteil in der starken Beanspruchung des visuellen Kanals. Dieser wird sowohl zur Bewältigung der Fahraufgabe als auch für die Interaktion mit dem Fahrerinformationssystem hauptsächlich verwendet. Diese als nachteilig erachtete Tatsache wird durch die Aussagen von Wickens (1984), Wickens, Lee, Liu & Gordon-Becker (2004b) sowie Jürgensohn & Timpe (2001) bestätigt. Demnach kann es in Dual-Task Situationen zu Interferenzen zwischen den einzelnen Teilaufgaben kommen, wenn die gleichen mentalen Ressourcen beansprucht werden. In



diesem Fall sind dies die visuellen Wahrnehmungsressourcen. Außerdem weist Bubb (1992) darauf hin, dass eine redundante Rückmeldung über multiple Sinneskanäle vorteilhaft für die Interaktion mit technischen Systemen ist. Deshalb ist es für diese Dual-Task Situation sinnvoll, den vornehmlich belasteten visuellen Kanal zu entlasten. Dies könnte zum einen über den akustischen Sinn geschehen. Die zweite Möglichkeit, die in dieser Arbeit im Vordergrund steht, ist die Entlastung über den haptischen Sinn. Der Grund dafür ist, dass laut Son, Howe, Wang & Hager (1996) Sehen und Fühlen zwei komplementäre Sinne sind, deren Kombination besonders gut für die Bewältigung komplexer Aufgaben, wie der Bedienung eines Fahrerinformationssystems während der Fahrt, geeignet ist (Grundwald, 2001; Kern, 2009). Hierzu ergänzen Bernstein et al. (2001), dass Fahrerinformationssysteme, bei denen die haptische und die visuelle Wahrnehmung aufeinander abgestimmt sind, die Sicherheit, die Antwort-Zeit und den Komfort für den Fahrer verbessern. Daher konzentriert sich diese Arbeit für die erste Phase des Informationsverarbeitungsprozesses – die Informationsaufnahme – auf den haptischen Sinn des Menschen.

Für die darauffolgende Verarbeitung der aufgenommenen Informationen spielen sogenannte „mentale Modelle“ des Menschen, auf die in Abschnitt 2.3.2 näher eingegangen wird, eine wichtige Rolle. Sie werden vom menschlichen Gedächtnis verwendet, um basierend auf den vorhandenen Informationen eine Entscheidung zu fällen und eine Anwohndung auszuwählen (Dutke, 1994; Johnson-Laird, 1990; Norman, 1983; Seel, 1991). Daher sollte bei der Gestaltung eines Fahrerinformationssystems darauf geachtet werden, dass es an die Anforderungen und Fähigkeiten der mentalen Modellbildung angepasst wird (Totzke, Schmidt & Krüger, 2003). Hierbei ist eine größtmögliche Übereinstimmung mit dem mentalen Modell des Nutzers bzw. des Fahrers anzustreben. Das System sollte laut Gentner (1983) im idealen Fall analog und konsistent zum entsprechenden mentalen Modell sein. Diese Forderung gilt für alle Bestandteile eines Fahrerinformationssystems, also das Menüsystem und die Anzeige-/ Bedieneinheit.

Ein Menüsystem weist eine gewisse Struktur (Shneiderman & Plaisant, 2010; Wandmacher, 1993) und weitere Eigenschaften auf, die in Abschnitt 2.4.1 näher



beleuchtet werden. Die Menüstruktur hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf das Systemverständnis und das Systemwissen sowie auf die Geschwindigkeit und Qualität der Systembedienung (Norman, 1991; Jacko, Salvendy & Koubek, 1995; Jacko, 2012). Zur positiven Gestaltung dieses Einflusses ist es laut Norman (1991), Jacko et al. (1995) und Jacko (2012) erforderlich, bereits bei der Wahl der Menüstruktur vorhandene mentale Modelle, Anforderungen und Fähigkeiten des Nutzers mit einzubeziehen. Denn dadurch ist es möglich, die Bedienung des Fahrerinformationssystems zu erleichtern. Aus diesem Grund stellt das Menüsystem einen weiteren Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit dar.

In der letzten Phase des Informationsverarbeitungsprozesses – der Informationsumsetzung – führt der Mensch dann über die Bedieneinheit des Fahrerinformationssystems die entsprechende Antworthandlung aus. Hierbei können über die Interaktionsarten (z.B. relative oder absolute Schieberegler, Drehrad, Tasten, Multitouch-Gesten und Handschrifteingabe), die das jeweilige Bedienelement zur Verfügung stellt, die unterschiedlichen Aufgabentypen des Menüsystems, das in der Anzeigeeinheit dargestellt wird, bedient werden (siehe Abschnitt 2.4.2). Dabei sollten die Interaktionsarten des Bedienelements und die Aufgabentypen des Menüsystems bestmöglich aufeinander abgestimmt sein. Denn dies ist die Voraussetzung dafür, dass die Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug über das Fahrerinformationssystem optimal funktionieren kann. Deshalb wird in dieser Arbeit untersucht, wie die Aufgabentypen eines Fahrerinformationssystems für eine Dual-Task-Situation mit den verschiedenen Interaktionsarten der Bedieneinheit zu kombinieren sind.

Aus den obigen Betrachtungen gehen also die drei nachfolgenden Schwerpunktthemen dieser Arbeit hervor, um eine möglichst effiziente und intuitive Interaktion zwischen Fahrer und Fahrerinformationssystem zu ermöglichen:

- Haptik (zur Entlastung des visuellen Kanals)
- Menüsysteme (inklusive Menüstruktur und weiterer Eigenschaften)
- Interaktionsarten (in Kombination mit den Aufgabentypen eines Fahrerinformationssystems)



### 1.1. Ausgangslage

Aktuell begegnen sämtliche Automobilhersteller weltweit der zuvor genannten Fragestellung mit verschiedenen Menüsystemen, wie z.B. hierarchischen oder aufgabenorientierten Menüs, und unterschiedlichen Arten von Bedienelementen, wie etwa Joysticks, Touchscreens, Sprachbedienung oder auch Dreh-Drück-Stellern. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines Touchpads, wie es beispielsweise die AUDI AG seit der Markteinführung des aktuellen A8 verwendet. Dieses Touchpad erfüllt derzeit nur einzelne Funktionen, wie etwa das Verschieben des Fadenkreuzes in der Navigationskarte oder eine direkte Schrifteingabe. Es ist aber auch denkbar, ein Touchpad als zentrales Bedienelement einzusetzen, um damit das gesamte Fahrerinformationssystem zu steuern (Spies, 2013).

Die Verwendung von Touchpads im Fahrzeug hat laut Hamberger (2010) einige Vorteile. Den Nutzern sind sie zum einen aus der inzwischen gewohnten Verwendung von Notebook-Touchpads bekannt und sie bieten zum anderen die Möglichkeit einer direkten Schrifteingabe. Des Weiteren sind die Trennung von Anzeige und Bedienung, sowie Robustheit, Optik und eine einfache Bedienung – auch von 2-dimensionalen Aufgaben (z.B. das Verschieben des Ziel-Cursors auf der Navigationskarte) – als positive Argumente zu nennen. Gemäß der Ergebnisse einer Fahrsimulatorstudie verringert ein gezielt gestaltetes Touchpad die Blickablenkung im Vergleich zu einem Dreh-Drück-Steller und einem Touchscreen (Hamberger, 2010). Betrachtet man im Speziellen eine Texteingabe, so reduziert nach Bechstedt, Bengler & Thüning (2005) ein Touchpad verglichen mit einem Dreh-Drück-Steller die Blickabwendungszeiten. Zudem wird von Nutzern die Verwendung eines Touchpads im Vergleich zu einem Touchscreen präferiert (Hamberger, 2010).

Bei der Verwendung eines Touchpads während der Fahrt besteht jedoch weiterhin ein Nachteil in der relativ starken Beanspruchung des visuellen Kanals. Der Grund dafür ist, dass viele Blicke auf das Display nötig sind, um das Fahrerinformationssystem zu bedienen. Denn der Nutzer erhält lediglich über den Bildschirm ein visuelles Feedback über die Position seines Fingers auf dem Touch-



pad. Daher ist es für eine Bedienung während der Fahrt sinnvoll, den bereits durch die Fahraufgabe belasteten visuellen Kanal zu entlasten. Hierfür wird in dieser Arbeit, wie zuvor bereits begründet, das Touchpad um ein zusätzliches haptisches Feedback erweitert. Damit durch diese Multimodalität die Interaktion zwischen Fahrer und Fahrerinformationssystem optimiert werden kann, muss außerdem eine Anpassung der multimodalen Systeme und Konzepte an die Anforderungen im Automobil erfolgen (Bengler, 2001, 2005). Daher sollten die Eigenschaften dieses integrierten haptischen Feedbacks, wie beispielsweise die Stärke und Deutlichkeit der Rückmeldung, für eine Verwendung im Fahrzeug ausgelegt werden. Zudem sind auch bei der Konzipierung des zugehörigen Menüsystems die Erfordernisse und Rahmenbedingungen für die Bedienung eines Fahrerinformationssystems zu berücksichtigen.

Ein Touchpad mit haptischer Rückmeldung für den Einsatz im Automobil, das im weiteren Verlauf auch als „Haptisches Touchpad“ (HTP) bezeichnet wird, wurde bereits von Spies, Peters, Toussaint & Bubb (2009b) und Peters, Spies, Toussaint, Fuxen & Hamberger (2010) entwickelt. Dieses basiert auf Braille-Technologie aus der Blindenschrift. Das bedeutet, dass es aus einer Matrix von Stiften besteht, die ein- und ausgefahren werden können. Durch die so entstehende adaptiv veränderbare Oberfläche ergibt sich die Möglichkeit, die auf dem Display angezeigten Menü-Elemente, wie beispielsweise Tasten oder Slider, als haptisch erfühlbare und bedienbare Elemente auf dem Touchpad darzustellen. Dieses Touchpad mit haptischer Rückmeldung wurde in einer Fahr-simulatorstudie mit einem herkömmlichen Touchpad verglichen. Daraus ergab sich für die Verwendung des haptischen Touchpads in der getesteten Dual-Task Situation eine signifikante Erhöhung der Bediengeschwindigkeit, eine Verbesserung der Fahrleistung und eine Reduzierung der Blickablenkung (Spies, 2013; Spies, Hamberger, Blattner, Bubb & Bengler, 2010; Spies et al., 2009b). Aus den dargelegten Gründen wird in dieser Arbeit ein Touchpad mit haptischer Rückmeldung als Bedienelement für das Fahrerinformationssystem gewählt.



## 1.2. Motivation und Ziele

Ein haptisches Touchpad zur Bedienung eines Fahrerinformationssystems bringt, wie zuvor bereits aufgezeigt, einige Vorteile im Vergleich zu anderen Bedienelementen mit sich. Es lassen sich in Bezug auf eine Serientauglichkeit aber auch einige Probleme und Herausforderungen feststellen (Spies, 2013), welche im Zuge dieser Arbeit angegangen werden. Aus diesem Grund wird eine Reduzierung der Kosten und des Bauraumes angestrebt, damit die Integration eines haptischen Touchpads in ein Serienfahrzeug überhaupt möglich wird. Auch die Erkennung der Fingerposition auf dem Touchpad und die Realisierung des haptischen Feedbacks sind Gegenstand der Untersuchungen, um eine angenehmere und präzisere Bedienung sicherzustellen. Bei dem haptischen Touchpad von Spies (2013) wurde das haptische Feedback über eine adaptiv veränderliche Oberfläche des Touchpads realisiert. Zusätzlich zu dieser Art der haptischen Rückmeldung auf einem Touchpad gibt es noch die Möglichkeit, durch eine Vibration der Oberfläche ein haptisches Feedback auf dem Touchpad zu erzeugen (siehe Abschnitt 3.1). Dieses Vibrationsfeedback ist vielen Nutzern beispielsweise aus der Verwendung von Smartphones bekannt, wurde aber bislang nicht für Fahrerinformationssysteme verwendet oder untersucht. Daher soll folgende Fragestellung durch die Durchführung einer Realfahrtstudie beantwortet werden:

*Welche Art der haptischen Rückmeldung ist für die Bedienung eines Fahrerinformationssystems mithilfe eines haptischen Touchpads in einer Dual-Task Situation zu verwenden?*

Zudem sollen zwei weitere Interaktionsarten – Handschrifteingabe und Multi-touch-Gesten – auf dem Touchpad mit haptischer Rückmeldung integriert und für eine Verwendung während der Fahrt untersucht werden. Denn diese sind den meisten Nutzern etwa von der Bedienung eines Laptops oder eines Smartphones bekannt. Mithilfe sämtlicher Interaktionsarten des haptischen Touchpads (siehe Abschnitt 4.1) können die unterschiedlichen Aufgabentypen eines Fahrerinformationssystems bedient werden. Aus diesem Grund ergibt sich für diese Arbeit die nachfolgende Fragestellung, die in einer Fahrsimulatorstudie untersucht wird:



*Welche Interaktionsart des haptischen Touchpads ist zur optimalen Bedienung des Fahrerinformationssystems in einer Dual-Task Situation mit welchem Aufgabentyp zu kombinieren?*

Um das gesamte Potential des haptischen Touchpads für die Bedienung des Fahrerinformationssystems ausschöpfen zu können, ist es zudem erforderlich, dass das zugehörige Menüsystem und das Bedienelement, also das haptische Touchpad, bestmöglich aufeinander abgestimmt sind (Bernstein et al., 2001). Aktuell auf dem Markt angebotene Fahrerinformationssysteme dienen im Hinblick auf Funktionsumfang und Anzahl und Art der Features als Ausgangspunkt dieser Arbeit. Deren Menüsysteme sind aber nicht für eine reine Touchpad-Bedienung geeignet, da sowohl die Menüstruktur als auch die grafische Gestaltung der Menüsysteme für eine Bedienung vornehmlich mithilfe eines Dreh-Drück-Stellers oder eines Touchscreens konzipiert sind.

Deshalb soll in dieser Arbeit ein Gesamtbedienkonzept entwickelt werden, das im Hinblick auf Haptik, Interaktionsarten und Menüsystem speziell für die Bedienung eines Fahrerinformationssystems mit dem haptischen Touchpad ausgelegt und gestaltet ist. Daher bilden die eng verzahnte Entwicklung des Touchpads mit haptischer Rückmeldung und des zugehörigen Menüsystems für das Fahrerinformationssystem den zentralen Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Daraus soll letztlich ein möglichst einfaches, intuitives und sicher zu bedienendes Gesamtbedienkonzept für ein Fahrerinformationssystem entstehen, das in einer Fahrsimulatorstudie mit folgender Fragestellung evaluiert wird:

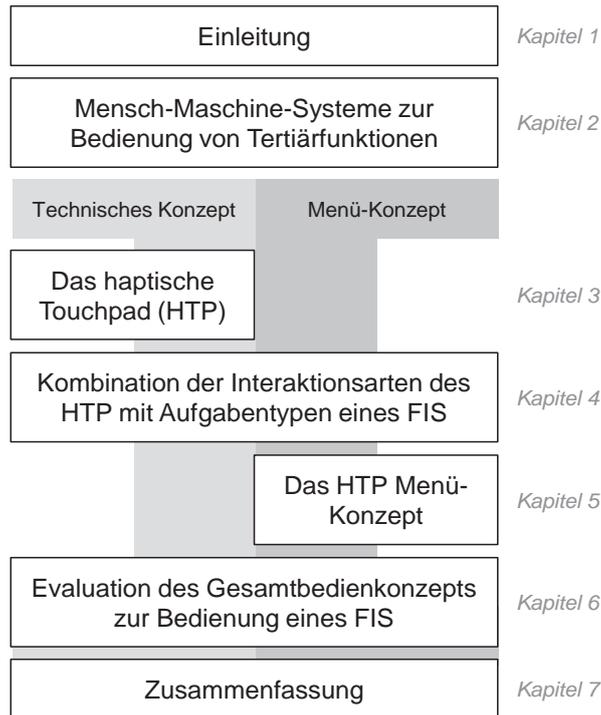
*Wie schneidet das entwickelte Gesamtbedienkonzept für das haptische Touchpad im Vergleich zu einem Serienbedienkonzept mit Dreh-Drück-Steller für den Fall einer Dual-Task Situation ab?*

### **1.3. Aufbau der Arbeit**

Zur Klärung der zuvor aufgeführten Fragestellungen wird folgende Vorgehensweise gewählt, die sich im Aufbau dieser Arbeit widerspiegelt und in Abbildung 1-1 veranschaulicht ist.

## EINLEITUNG

---



*Abbildung 1-1: Aufbau der Arbeit*

Nach diesem einleitenden Kapitel wird in Kapitel 2 „Mensch-Maschine-Systeme zur Bedienung von Tertiärfunktionen im Fahrzeug“ die Interaktion zwischen Mensch und Maschine theoretisch beleuchtet. Dieses allgemeine Zusammenspiel wird auf die Bedienung von Tertiärfunktionen im Fahrzeug übertragen. Dafür erfolgt eine genauere Betrachtung der Teilsysteme Fahrer und Fahrzeug bezüglich ihrer Eigenschaften und Fähigkeiten. Des Weiteren wird auf deren Interaktion über das Fahrerinformationssystem näher eingegangen.

Basierend auf den theoretischen Erkenntnissen werden in Kapitel 3 zunächst die Anforderungen an ein haptisches Touchpad zur Bedienung eines Fahrerinformationssystems ermittelt. Hierfür werden verschiedene Arten eines haptischen Feedbacks und deren Realisierbarkeit untersucht. Die technisch umsetzbaren Varianten werden in einer Realfahrstudie miteinander verglichen und anhand der Ergebnisse ein neues Touchpad mit haptischer Rückmeldung entwickelt und aufgebaut.



## EINLEITUNG

---

Dieses haptische Touchpad liefert neben der normalen Touchpad-Bedienung weitere Interaktionsarten (z.B. Multitouch-Gesten), die in Kapitel 4 mit den unterschiedlichen Aufgabentypen (z.B. Listen-Scrolling) eines Fahrerinformationssystems kombiniert werden. Diese für den Nutzer möglichst optimale Kombination wird in einer Fahrsimulatorstudie ermittelt.

Die Ergebnisse daraus fließen in Kapitel 5 in die Entwicklung des Menü-Konzepts ein. Hier wird der genaue Entwicklungsprozess und das entstandene Menü-Konzept zur Bedienung eines Fahrerinformationssystems mithilfe des haptischen Touchpads in Form einer Spezifikation vorgestellt.

Das daraus hervorgehende Gesamtbedienkonzept, bestehend aus dem haptischen Touchpad und dem Menü-Konzept, wird in Kapitel 6 in einer Fahrsimulatorstudie mit einem Dreh-Drück-Steller Serienbedienkonzept verglichen und evaluiert.

Kapitel 7 fasst die gewonnenen Erkenntnisse abschließend zusammen. Zudem erfolgt eine Diskussion der gewählten Methodik, der Ergebnisse und des entwickelten Konzepts, bevor noch ein Ausblick über zukünftige Entwicklungen und Untersuchungsmöglichkeiten gegeben wird.



## 2. Mensch-Maschine-Systeme zur Bedienung von Tertiärfunktionen im Fahrzeug

Aus dem alltäglichen Leben eines Menschen sind Maschinen nicht mehr wegzudenken. Angefangen beim Wecker und der Kaffeemaschine am Morgen, dem Auto auf dem Weg zur Arbeit, der Werkzeugmaschine oder dem PC am Arbeitsplatz, dem Smartphone oder auch dem Fernseher am Abend. Diese beispielhafte Aufzählung ließe sich noch weiter fortsetzen. Das dabei immer wieder auftauchende Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine zur Bewältigung einer Aufgabe wird dabei allgemein als ein Mensch-Maschine-System (MMS) bezeichnet (Geiser, 1990; Timpe, 2002). Dieses ist laut Bubb & Schmidtke (1993) das Bindeglied zwischen der eingehenden Aufgabenstellung (Aufgabe) und der resultierenden Aufgabenerfüllung (Ergebnis).

In dieser Arbeit wird im Speziellen das System bestehend aus Fahrer und Fahrzeug zur Bedienung von Tertiärfunktionen im Automobil betrachtet. Hierfür ist zunächst zu klären, welche Aufgaben im Fahrzeug diesem Tertiärbereich zuzuordnen sind.

Nach Bubb (2003) kann die gesamte Fahraufgabe in Primär-, Sekundär- und Tertiäraufgaben unterteilt werden.

Die primäre Aufgabe entspricht der eigentlichen Fahrzeugführung, bestehend aus den drei Teilaufgaben Navigation, Führung und Stabilisation (Bernotat, 1970; Bubb, 1993b). Dazu gehörende Aufgaben sind beispielsweise Routenplanung, Spurwechsel, Bremsen, Beschleunigen und Lenken.

Die indirekt auf die Fahraufgabe bezogenen Sekundäraufgaben haben eine unterstützende Wirkung für die primäre Aufgabe, werden dafür aber nicht zwingend benötigt. Diese können wiederum in aktive (z.B. Kuppeln und Gang schalten) und reaktive (z.B. Hupen, Blinken und Abblendlicht einschalten) Tätigkeiten aufgliedert werden (Bubb, 2003; Rassl, 2004).



Die tertiären Aufgaben beinhalten alle Tätigkeiten, die keinen Zusammenhang mit der eigentlichen Fahrzeugführung aufweisen (Rassl, 2004). Dazu zählt nach Rassl (2004) alles, was den Bereichen Entertainment und Komfort zugeteilt werden kann. Als Beispiele sind Radio, Telefon, Klimaanlage, Internet, Mail und TV zu nennen. Rassl (2004) ordnet auch die Bedienung des Navigationssystems den Tertiäraufgaben zu, was von Spies (2013) in Frage gestellt wird, da es eine Unterstützung des Fahrers zur Routenplanung und Fahrzeugführung darstellt. Die gleiche Diskussion könnte für die immer größer werdende Anzahl an Fahrerassistenzsystemen geführt werden. Sowohl die Verwendung des Navigationssystems als auch sämtlicher Fahrerassistenzsysteme werden im weiteren Verlauf den Tertiäraufgaben zugeordnet. Sie assistieren zwar dem Fahrer bei der primären Fahraufgabe, er kann diese aber auch ohne ihre Unterstützung uneingeschränkt bewältigen.

Die Bedienung der genannten tertiären Aufgaben ist Bestandteil eines jeden modernen Fahrzeuges und kann vom Fahrer mittels des Fahrerinformationssystems vorgenommen werden. Ziel der Arbeit ist es, das Zusammenspiel zwischen Fahrer und Fahrzeug für den Bereich der tertiären Aufgaben zu optimieren. Dafür ist es erforderlich, dieses Mensch-Maschine-System bzw. dieses Wirkungsgefüge, bestehend aus Mensch (Fahrer) und Maschine (Fahrzeug), und deren Interaktion über das Fahrerinformationssystem im Folgenden genauer zu betrachten.

### **2.1. Das Wirkungsgefüge Mensch-Maschine**

Mithilfe des Fahrerinformationssystems soll es dem Fahrer ermöglicht werden, die ständig zunehmende Anzahl an Tertiärfunktionen im Fahrzeug möglichst einfach bedienen zu können. Das dabei bestehende Wirkungsgefüge aus Mensch und Maschine kann durch das Strukturbild eines Mensch-Maschine-Systems (siehe Abbildung 2-1) allgemein beschrieben werden.

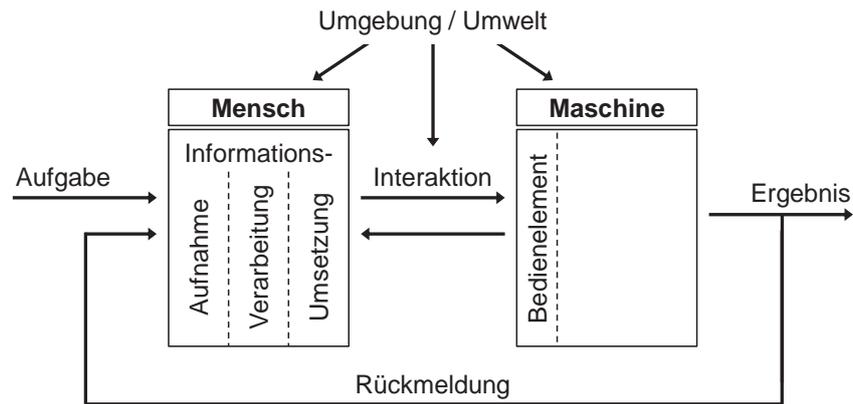


Abbildung 2-1: Strukturbild eines Mensch-Maschine-Systems in Anlehnung an Bubb & Schmidtke (1993)

Die Eingangsgröße dieses gesamten Systems bildet die von außen oder vom Menschen selbst gestellte Aufgabe (Bubb & Schmidtke, 1993). Diese kann beispielsweise das Autofahren, das Tätigen eines Anrufs oder die Wahl eines Radiosenders sein. Um diese Aufgabenstellung zu bewältigen, interagieren die Teilsysteme Mensch und Maschine miteinander. Diese Interaktion findet im Fall der Fahraufgabe zum Beispiel über das Gaspedal und das Lenkrad statt, während ein Telefonat oder eine Senderwahl im Fahrzeug über das Fahrerinformationssystem getätigt werden kann. Aus diesem Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine geht ein bestimmtes Ergebnis als aktuelle Aufgabenerfüllung hervor, das den Ausgang des Mensch-Maschine-Systems darstellt. Dieser momentane Zustand kann durch den Menschen über eine Rückmeldung der Maschine mit der ursprünglichen Aufgabenstellung verglichen werden. Somit nimmt der Fahrer etwa die Bewegungsänderung des Fahrzeugs wahr oder sieht auf dem Display die gewählte Nummer bzw. den eingestellten Sender. Liegt hierbei eine Abweichung vom gewünschten Ergebnis vor, wird der Prozess erneut durchlaufen, bis der Zielzustand erreicht ist (Bubb & Schmidtke, 1993).

In dem erläuterten Mensch-Maschine-System können laut Bubb & Schmidtke (1993) die beiden interagierenden Teilsysteme und die Interaktion unter dem Einfluss der Umgebung bzw. der Umwelt stehen. Dies kann die Aufgabenerfüllung sowohl in positiver als auch negativer Weise beeinflussen. Im Hinblick auf diese



Umwelteinflüsse wird zwischen physikalischen (messbaren) und sozialen (nicht messbaren) Faktoren unterschieden (Bubb, 1992; Bubb & Schmidtke, 1993; Löhr, 1976). Die physikalischen Umweltfaktoren beeinträchtigen die menschlichen Fähigkeiten (z.B. toxische Einwirkungen), stören den Informationsfluss zwischen Mensch und Maschine (z.B. mangelnde Beleuchtung) und haben einen Einfluss auf die Maschinenfunktion (z.B. mechanische Schwingungen) (Bubb & Schmidtke, 1993). So können beispielsweise schlechte Lichtverhältnisse zu einer Erschwerung der Bedienung eines Fahrerinformationssystems führen. Im Gegensatz dazu beeinflussen die sozialen Umweltfaktoren (z.B. Beruf, Familie) den Menschen in seiner Motivation (Bubb & Schmidtke, 1993). Steht ein Autofahrer zum Beispiel aufgrund eines Termins unter Zeitdruck, kann sich dies auf seine Ausführung der Fahraufgabe auswirken, indem er beispielsweise mit erhöhter Geschwindigkeit fährt, um den Termin noch rechtzeitig zu erreichen.

Aus der Betrachtung des Prozesses zur Bewältigung einer Aufgabe wird deutlich, dass das Mensch-Maschine-System die Verknüpfung zwischen der Aufgabenstellung und dem Ergebnis darstellt (Bubb & Schmidtke, 1993). Damit dieses Wirkungsgefüge bestmöglich funktionieren bzw. realisiert werden kann, muss das Teilsystem Maschine (Fahrzeug) optimal auf den Menschen (Fahrer) abgestimmt sein. Hierfür ist es notwendig, diese beiden Teilsysteme nachfolgend näher zu beleuchten. Diese zunächst allgemeine Betrachtung wird auf den für diese Arbeit relevanten Kontext „Bedienung von Tertiärfunktionen im Fahrzeug“ übertragen.

### **2.2. Das Fahrzeug als das Teilsystem Maschine**

Einen wesentlichen Teil des zuvor beschriebenen Mensch-Maschine-Systems bildet das Teilsystem Maschine. Eine Maschine ist im Allgemeinen ein Werkzeug, das eine gewisse Verstärkereigenschaft für die Zielsetzung des Menschen aufweist (Bubb, 1993a). So unterstützt bzw. verstärkt beispielsweise ein Taschenrechner die Rechenfertigkeit und ein Fahrzeug die Fähigkeit zur Fortbewegung des Menschen. Dabei steht die Informationsumwandlung durch die Maschine im Zentrum der Betrachtung (Bubb, 1993a). Die Struktur des Teilsystems Maschine ist in Abbildung 2-2 schematisch veranschaulicht.

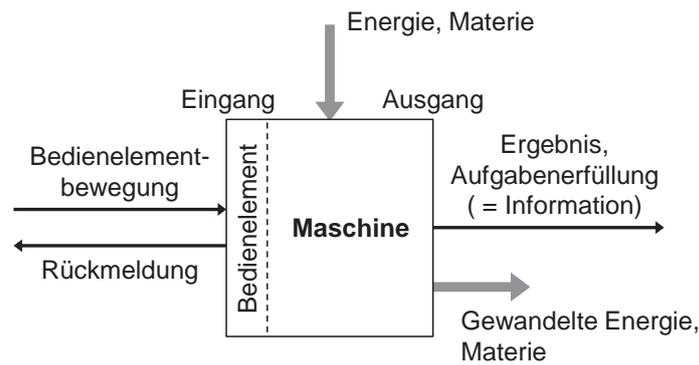


Abbildung 2-2: Teilsystem Maschine in Anlehnung an Bubb (1993a)

Eine Bedienelementbewegung, die der Mensch zur Erledigung einer gewissen Aufgabenstellung vornimmt, stellt die Eingangsinformation der Maschine dar. Dadurch kann der Mensch die Maschine kontrollieren. Diese Manipulation über das Bedienelement führt zu einer Wandlung der die Maschine am Ausgang verlassenden Energie bzw. Materie. Die Maschine bewerkstelligt durch diesen Vollzug der Informationsumwandlung im Idealfall die gewünschte Aufgabenerfüllung des Mensch-Maschine-Systems (Bubb, 1993a). Zudem gibt die Maschine, entweder direkt über seine Reaktion oder indirekt über das Bedienelement, dem Menschen eine Rückmeldung über die Ausführung der Aufgabe und das Ergebnis.

Im Zuge dieser Arbeit stellt das Fahrzeug das beschriebene Teilsystem Maschine dar. Dieses liefert dem Nutzer, also dem Fahrer, die Funktionen, um die zuvor genannten Tertiäraufgaben, wie zum Beispiel die Bedienung von Radio und Heizung, über das Bedienelement des Fahrerinformationssystems ausführen zu können. Hierfür wird in dieser Arbeit aufgrund der in der Einleitung dargelegten Vorteile (siehe Abschnitt 1.1) ein Touchpad mit haptischer Rückmeldung verwendet. Darüber kann der Fahrer die Funktionen des Fahrzeugs steuern, die ihm auf dem Display angezeigt werden. Das Fahrzeug reagiert auf die Eingaben des Menschen und führt die Aufgaben aus. Über das Bedienelement bekommt der Fahrer ein haptisches und über den Bildschirm ein visuelles Feedback, ob er beispielsweise den korrekten Knopf gedrückt hat und somit auch die Aufgabe gemäß seiner Zielsetzung erfüllt wurde.