



1 Ausgangssituation

Der empirische Teil der Arbeit fand im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Verbundprojektes UR:BAN (Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement) (Motivation der Initiative Vgl. Hipp, Bengler, Kressel & Feit, 2017) und da im Teilprojekt Mensch im Verkehr (MV) (Inhalt des Teilprojektes Vgl. Drüke, 2017) statt. In diesem Teilprojekt steht der Mensch als Teilnehmer und Planer mit seinen Anforderungen und Bedürfnissen im Mittelpunkt. Entsprechend liegt der Fokus der Arbeit auf der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle speziell für innerstädtische Fahrscenarien (Vgl. Drüke, 2017).

Komplexe Verkehrssituationen mit sich stetig ändernden Anforderungen – bedingt durch eine große Anzahl statischer und dynamischer Objekte, kurze Entscheidungszeiträume und eine hohe Informationsdichte – stellen insbesondere vor dem Hintergrund der limitierten menschlichen Verarbeitungskapazität die wesentliche Herausforderung für den Fahrer im urbanen Verkehr dar (Ho & Spence, 2008). Die Komplexität der zu bewältigenden Situationen ergibt sich hierbei vor allem aus dem dynamischen Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer sowie aus der vielschichtigen Fahrstreckencharakteristik (Abendroth & Bruder, 2015). Abhängig von seinen individuellen Persönlichkeitsmerkmalen bewältigt der Fahrer die Anforderungen und absolviert derartige komplexe Überwachungs- und Regelungsaufgaben im Straßenverkehr. Einen wesentlichen Einfluss kann dabei fahrzeugseitige Fahrerunterstützung haben. Fahrerassistenzsysteme (FAS) sind prinzipiell so ausgelegt, dass sie dem Fahrer für die gestellten Aufgaben die bestmöglichen Arbeitsbedingungen verschaffen – ihre technisch gestaltbaren Komponenten sollen an die „besondere Leistungsfähigkeit“ des Menschen sowie auch seine „inhärenten Leistungsgrenzen“ optimal angepasst sein (Donges, 2015). Zwar gibt es bereits vielseitige und umfassende Systeme, welche – auf den Fahrer abgestimmt – bei der Bewältigung der Fahraufgabe ein hohes Unterstützungspotential liefern. Allerdings ist die Entwicklung sowohl von Einzelsystemen, welche auf spezifische Aspekte der Fahrzeugführung gerichtet sind, als auch die Entwicklung von höherer maschineller Autonomie und vernetzten Assistenzsystemen längst noch nicht abgeschlossen (Flemisch, Winner, Bruder & Bengler, 2015). Vielmehr ließ sich ein deutlich steigender Trend verfügbarer Informations- und Assistenzsysteme ausmachen (Janssen, Alm, Michon & Smiley, 1993). Offensichtlich kann die damit einhergehende Zunahme an Informationen im Fahrzeug zunächst den Komfort und die Sicherheit des Fahrers deutlich erhöhen. Allerdings, so fordern Färber und Färber (2003), ist es zwingend notwendig, den Fahrer vor einer Informationsüberlastung zu schützen. Das wiederum erfordert eine gezielte Auswahl und Darstellung von Informationen – unter steter Berücksichtigung von Informationsbedürfnis und Verkehrssicherheit (Färber & Färber, 2003). Das heißt, um das Unterstützungspotential durch



Fahrerassistenzsysteme zu erhöhen, ist die Berücksichtigung des engen Zusammenwirkens in Raum und Zeit von Fahrer, Fahrzeug und Assistenzsystem obligat (König, 2015).

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, den Workload, welcher durch die tertiäre Fahraufgabe hervorgerufen wird, in beanspruchenden Fahrsituationen zu minimieren. Vor allem komplexe urbane Fahrszenarien erfordern zur sicheren Bewältigung die ungeteilte Aufmerksamkeit des Fahrers. Ein adaptives situationsspezifisches Workloadmanagement kann dies fahrzeugseitig gewährleisten. Die Konzeptionierung einer optimalen und bedarfsgerechten Informationsstrategie sowie deren Evaluation im Simulator und in der Realfahrt bilden den Kern der vorliegenden Arbeit. Als Basis dienen einerseits kognitionspsychologische Voraussetzungen des Menschen – im Fokus steht dabei der Fahrer mit seinen Bedürfnissen, Fähigkeiten und Kapazitätsgrenzen – und andererseits verkehrswissenschaftliche und ergonomische Anforderungen als Schnittstelle zum Fahrzeug unter Berücksichtigung der ganzheitlichen Fahrszenarie.

Im Folgenden werden einleitend die Problemstellung, mit der Motivation dieser Arbeit und den zu erwartenden Hypothesen, sowie die Zielsetzung, mit einer detaillierten Vorgehensbeschreibung der Konzeptentwicklung, dargestellt. Dass es noch immer hochkomplexe urbane Verkehrssituationen gibt, die nicht allein durch menschliche Fähigkeiten und die Unterstützung durch vorhandene Assistenz in jedem Fall gefahrlos zu bewältigen sind, bestätigen aktuelle Unfallzahlen (BASt Bundesanstalt für Straßenwesen, 2014; Statistisches Bundesamt, 2014; IRTAD International Traffic Safety Data and Analysis Group, 2015). Ein Überblick über gegenwärtige Unfallstatistiken dient schließlich der Identifikation besonders komplexer Verkehrsszenarien und liefert somit einen wichtigen Ansatzpunkt für das situativ agierende Workloadmanagementkonzept.

1.1 Problemstellung

Das übergeordnete Ziel von Fahrerassistenz ist es, die Fahrt sicherer und komfortabler zu gestalten. Dabei weisen unterschiedliche Systeme verschiedene Wirkbereiche hinsichtlich ihrer Mensch-Maschine-Schnittstelle auf. Zur klaren Differenzierung können diese nach ihrem Wirken auf die jeweilige Teilaufgabe der Fahrzeugführung klassifiziert werden (Gasser, Seeck, & Walker Smith, 2015). Die Fahraufgabe kann hierbei in primäre, sekundäre und tertiäre Tätigkeiten untergliedert werden (Vgl. Kapitel 2.2.1). Primäre Aufgaben beinhalten die Fahrzeugführung im Sinne von Lenken und Beschleunigen, beziehungsweise Verzögern. Als sekundäre Handlungen versteht man Reaktionen auf die aktuelle Verkehrssituation, wie unter anderem Blinker- oder Scheibenwischerbetätigungen. Die Bedienung von Infotainment-Angeboten im Fahrzeug gilt zunächst als unabhängig vom eigentlichen Fahrprozess und beschreibt die tertiäre Fahraufgabe (Geiser, 1984; Bubb, 2003). Die Hierarchisierung spiegelt



einerseits den zeitlichen Spielraum, welcher zur Erfüllung der jeweiligen Aufgabe zur Verfügung steht, wider. Beispielsweise müssen primäre Handlungen stets der aktuellen Verkehrs- und Straßencharakteristik angepasst werden, während das tertiäre Bedürfnis nach Informationen, Kommunikation und Komfort größeren zeitlichen Handlungsspielräumen obliegt. Andererseits steigt mit zunehmendem zeitlichen Spielraum gleichzeitig die Fehlertoleranz (Abendroth & Bruder, 2015). Bezogen auf die Wirkweise von FAS unterscheiden Gasser, Seeck & Walker Smith (2015) die folgenden drei Kategorien: „Informierende und warnende Funktionen“, „Kontinuierlich automatisierende Funktionen“ und „Eingreifende Notfallfunktionen“. Während die beiden Letztgenannten einen unmittelbaren Einfluss auf die Fahrzeugsteuerung haben – entweder mit der Möglichkeit der Überstimmung durch den Fahrer oder aber nicht übersteuerbar und in akut kritischen Situationen –, wirken „Informierende und warnende Funktionen“ ausschließlich mittelbar über den Fahrer. Informationen und Warnungen werden als Wissens- oder Wahrnehmungserweiterung über die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fahrzeug dargeboten. Dem Fahrer selbst obliegt die Entscheidung, wie und ob er darauf reagiert. Die Aufnahme, Verarbeitung und Reaktion auf Informationsmeldungen im Fahrzeug können dabei der tertiären Fahraufgabe zugeordnet werden. Die Inhalte werden sowohl durch die vorhandene fahrzeugeitige Sensorik als auch durch vernetzte Fahrzeugdienste generiert. Dabei ist ein immenser Trend hin zu umfassenden Connectivity Services im Fahrzeug zu beobachten: „The overall number of vehicles with built-in connectivity will increase from 10 % of the overall market today to 90 % by 2020.“ (Telefonica Connected Car Industry Report, 2014). Schließlich ist es das Ziel, den Workload, welchen derartige Informationsmeldungen beim Fahrer verursachen können, speziell in komplexen und beanspruchenden urbanen Fahrsituationen zu minimieren. Die Entwicklung eines Informations-Filters, welcher den Fahrer vor einer Informationsüberlastung schützt (Färber & Färber, 2013), erscheint in diesem Zusammenhang obligatorisch. Bei der Ableitung einer optimalen und bedarfsgerechten Informationsstrategie für beanspruchende Fahrsituationen steht der Fahrer mit seinen Eigenschaften im Mittelpunkt. Die vorliegende Arbeit fokussiert die Hypothese, dass durch ein geeignetes Workloadmanagement die Fahrerbeanspruchung auch in mental anspruchsvollen Fahrsituationen verhältnismäßig gering gehalten werden kann. Der On-Top-Workload des Fahrers – verursacht durch die tertiäre Fahraufgabe – kann anhand einer adaptiven Informationsstrategie in der beanspruchenden urbanen Situation „Überqueren einer T-Kreuzung mit Vorfahrt-Gewähren-Regelung“ minimiert werden. Im Detail lässt sich die Informationsstrategie als eine „zeitliche Verzögerung der Information“ – Quantität und Qualität der Meldung werden konstant gehalten – beziehungsweise als eine „temporäre Unterdrückung der Information“ – lediglich die Quantität bleibt unverändert – in Phasen erhöhter Fahrerbeanspruchung beschreiben. Das ganzheitliche Konzept muss schließlich einer Eignungsprüfung unterzogen werden: Wird es von den Fahrern akzeptiert und als

verkehrssicher empfunden? Lässt sich auf verschiedene komplexe Verkehrsszenarien anwenden?

1.2 Zielsetzung

Der Ansatz der Arbeit entspricht einem deduktiven Vorgehen: Auf Basis der Erörterung allgemeingültiger Grundlagen erfolgt die Betrachtung des speziellen Anwendungsszenarios. Die theoretische Herleitung ermöglicht die Ableitung eines Konzeptes, welches schließlich empirisch überprüft wird. Kognitionspsychologische Voraussetzungen auf der einen Seite und verkehrswissenschaftliche Anforderungen auf der anderen Seite werden zunächst anhand einer ausführlichen Literatursichtung zusammengeführt (Kapitel 2). Speziell die Charakteristik menschlicher Informationsverarbeitung (Kapitel 2.1) und die Eigenschaften der Fahraufgabe (Kapitel 2.2) werden an dieser Stelle miteinander verknüpft. Bei der Konzeptentwicklung des adaptiven Fahrerassistenzsystems steht der Mensch mit seinen Eigenschaften im Vordergrund. Außerdem werden bereits vorhandene Konzepte kritisch betrachtet und auf ihre Eignung hin geprüft (Kapitel 2.3). Die Frage nach einer optimalen und bedarfsgerechten Informationsstrategie steht im Fokus.

In einem weiteren Schritt werden dann Herausforderungen und Chancen zur Entwicklung des neuen Assistenzsystems in Form eines situativen Workloadmanagements erörtert (Kapitel 3). Basierend auf den Eigenschaften der Fahraufgabe in Verbindung mit den Herausforderungen menschlicher Informationsverarbeitung und bereits vorhandenen Konzepten zur Senkung des mentalen Workloads während der Fahrt (Kapitel 3.1) wird ein neuartiger Lösungsansatz erörtert (Kapitel 3.2). Daraus leitet sich der resultierende Forschungsbedarf anhand konkreter Fragestellungen ab (Kapitel 3.3). Unmittelbares Ziel des Konzeptes ist es, in besonders komplexen Verkehrsszenarien die Abwesenheit von fahrzeugseitiger Ablenkung sicherzustellen. Die limitierte menschliche Verarbeitungskapazität steht dabei dem steten Informationsbedürfnis diametral gegenüber.

Eine ausführliche Bedarfs- und Beanspruchungsanalyse soll diesen Widerspruch lösen und bildet demzufolge den Ausgangspunkt der Konzeptentwicklung (Kapitel 4.1). Zur Maximierung von Akzeptanz und Nützlichkeit der Funktion für den realen Straßenverkehr erfolgt eine Optimierung des gesamtheitlichen Ansatzes hinsichtlich Konsistenz und Anwendbarkeit in einer Evaluierungsphase (Kapitel 4.2). Um schließlich die Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität sicherzustellen, folgt eine zweistufige Evaluierungsphase – im Simulator und im realen Feld (Kapitel 4.3).

Das Konzept wird abschließend vor dem Hintergrund der erzielten Ergebnisse, seiner praktischen Implikationen und den aktuellen Entwicklungen analysiert, kritisch hinterfragt und umfassend diskutiert (Kapitel 5).

Den Kern der Arbeit und damit die Grundlage der vorliegenden Analyse bilden die folgenden Fragen:

- 1) Kann man den Workload, verursacht durch die tertiäre Fahraufgabe, in einer beanspruchenden urbanen Fahrsituation („Überqueren einer T-Kreuzung mit Vorfahrt-Gewähren-Regelung“) durch eine geeignete Informationsstrategie (Verzögerung/Unterdrückung) minimieren?
- 2) Verringert die entwickelte Informationsstrategie nachweislich den mentalen Workload des Fahrers?
- 3) Ist die entwickelte Informationsstrategie auf weitere beanspruchende urbane Fahrsituationen übertragbar und damit generalisierbar?
- 4) Wird die entwickelte Informationsstrategie vom Nutzer akzeptiert?

Das Konstrukt „mentale Beanspruchung des Fahrers“ steht im Vordergrund. Die Operationalisierung und schließlich auch die Messbarkeit der Optimierung durch das Informationskonzept sind wesentliche Teilziele der vorliegenden Arbeit. Das zu entwickelnde Assistenzsystem legt vor allem die Bedürfnisse des Fahrers zugrunde. Das Fahrzeug soll einen guten Beifahrer imitieren – wenig Nervpotential besitzen, Rücksichtnahme auf die Fahreraufmerksamkeit und die Fahrerbeanspruchung gewährleisten. Bei der Auswahl geeigneter Verkehrsszenarien gelten somit urbane Unfallschwerpunkte als wesentlicher Indikator für ein Verbesserungspotential. Im Folgenden werden Unfallzahlen aus städtischen Gebieten sowohl bundesweit als auch international ermittelt und zusammengetragen. Diese liefern einen wesentlichen Ausgangspunkt für die Wahl geeigneter urbaner Verkehrsszenarien, welche anhand des Assistenzsystems aus Fahrersicht optimiert werden können (Vgl. Kühn & Hannawald, 2015).

1.3 Unfallstatistiken

Um ein geeignetes Untersuchungsszenario zu spezifizieren und damit einen Ansatzpunkt für ein situatives Workloadmanagement zu eruieren, wird die Entwicklung aktueller Unfallzahlen vor allem im urbanen Bereich herangezogen. Zunächst lässt sich eine relativ konstante Zahl an Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen innerhalb der letzten vier Jahre verzeichnen. Von 2011 bis 2014 wurden jeweils rund drei Millionen Personenkraftwagen neu zugelassen (Kraftfahrt-Bundesamt, 2013a, 2014a, 2015a).

Der Anstieg des Gesamtbestandes von Kraftfahrzeugen zwischen dem 1. Januar 2012 (60.045.241 Kraftfahrzeuge) und dem 1. Januar 2015 (62.426.243 Kraftfahrzeuge) spiegelt sich ebenso im erhöhten Bestand von Personenkraftwagen (Bestand 1. Januar 2012: 42.927.647; Bestand 1. Januar 2015: 44.403.124) wider (Kraftfahrt-Bundesamt, 2013b, 2014b, 2015b). Insgesamt lässt sich zudem ein stetes Wachstum der jährlichen Fahrleistung



verzeichnen – von 717,6 Milliarden km im Jahr 2011, über 719,3 Milliarden km in 2012 und 725,7 Milliarden km in 2013 – davon fast 90 % durch Personenkraftwagen (Kraftfahrt-Bundesamt, 2015c) –, werden für das Jahr 2014 sogar rund 735 Milliarden Fahrzeugkilometer deutschlandweit prognostiziert (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012, 2013, 2014).

Trotz des beständigen Anstieges der insgesamt gefahrenen Kilometer in Deutschland bleibt die Unfallrate jedoch nahezu konstant. Während im Jahr 2011 insgesamt 2.361.457 Unfälle polizeilich erfasst wurden, waren es 2013 insgesamt 2.414.011 Unfälle. Für das Jahr 2014 wird sogar ein Rückgang um 2 % auf rund 2,37 Millionen Unfälle erwartet (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012, 2014). Erklären lässt sich das Gleichbleiben der Unfallzahlen – im Verhältnis zum größeren Bestand an Fahrzeugen und der gestiegenen Fahrleistung in den vergangenen Jahren – mit sichererem Fahrverhalten und Bildung sowie verbesserter Infrastruktur und Fahrzeugsicherheit (OECD/ITF, 2015; DEKRA, 2015). Der stete Zuwachs an Fahrerassistenz- (FAS) und Fahrerinformationssystemen (FIS) im Automobil leistet hierzu einen nicht unwesentlichen Beitrag (Bubb & Bengler, 2015; DEKRA 2015). Auch europaweit lassen sich seit 2011 sinkende Unfallzahlen verzeichnen (European Commission, 2015). Zwar sind die nationalen und internationalen Zahlen in den letzten Jahren weitestgehend konstant oder gar rückläufig, jedoch gibt es national sowie international noch immer zahlreiche Verletzte und sogar Todesopfer durch Verkehrsunfälle (Bundesanstalt für Straßenwesen, 2014; OECD/ITF, 2015; European Commission, 2015; DEKRA, 2015). Aus Sicht der Assistenzsystementwicklung ist es daher notwendig, spezielle urbane Verkehrsszenarien als Unfallschwerpunkte zu ermitteln und dafür gezielt eine fahrzeugseitige Unterstützung zu generieren. Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, den Fahrer in besonders beanspruchenden innerstädtischen Situationen zu entlasten. Um schließlich ein geeignetes Untersuchungsszenario abzuleiten, werden Unfallzahlen des Statistischen Bundesamtes als wesentliche Grundlage genutzt.

Innerhalb von Ortschaften haben sich im Jahr 2014 insgesamt 1.789.278 Unfälle ereignet. Mit der Ursache „Fehlverhalten der Fahrzeugführer“ gab es insgesamt 361.935 Kollisionen mit Personenschaden. Das Fehlverhalten der Personenkraftwagenfahrer unterteilt sich unter anderem in „Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren“ (58.178), „Vorfahrt, Vorrang“ (53.947), „Abstand“ (49.522), „Nicht angepasste Geschwindigkeit“ (45.888), „Überholen“ (13.084) und „Alkoholeinfluss“ (13.011) (Statistisches Bundesamt, 2014). Hieraus wird ersichtlich, dass ein Fehlverhalten in bestimmten Verkehrssituationen offensichtlich gehäuft vorkommt – so sprechen die Ursachen „Abbiegen“, „Ein- und Anfahren“ sowie „Vorfahrt, Vorrang“ für komplexe Kreuzungssituationen. Bei der detaillierten Betrachtung wird deutlich, dass der „Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, welches einbiegt oder kreuzt“ innerorts im Jahr 2014 die häufigste Unfallart war. Dabei gilt die „Kreuzung“, dicht gefolgt von

der „Einmündung“, als die häufigste „Charakteristik der Unfallstelle“ (Statistisches Bundesamt, 2014).

Neuere Zahlen von Januar bis Mai 2015 ergeben, dass im ersten Halbjahr 2015 gut zwei Drittel (75.044) aller Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden innerorts stattfanden. Besonders häufig ereigneten sich auch hier „Abbiege-Unfälle“ (12.323) und „Einbiegen/Kreuzen-Unfälle“ (19.495) innerorts mit Personenschaden (Statistisches Bundesamt, 2015). Letztere werden beschrieben als das Ergebnis eines Konfliktes „zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem vorfahrtberechtigten Fahrzeug an Kreuzungen, Einmündungen oder Ausfahrten von Grundstücken und Parkplätzen“ (Statistisches Bundesamt, 2014, S. 16). Zusammenfassend kann die urbane Kreuzungssituation basierend auf der umfangreichen Sichtung von Unfallzahlen als komplexe Verkehrssituation mit einem erhöhten Potential für ein unterstützendes FAS klassifiziert werden.

Wenn auch Unfälle zumeist durch ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren entstehen (Godthelp, Färber, Groeger & Labiale, 1993), so kann das Fehlverhalten des Fahrers dennoch eine wesentliche Unfallursache sein. Bauliche Charakteristiken, andere Verkehrsteilnehmer (Kuiken & van der Colk, 1988), aber auch Fehleinschätzungen (Rothengatter, Alm, Kuiken, Michon & Verwey, 1993), Risikohomöostase (Wilde, 1982, 1988; Schmidt, 1988) und (mentale/visuelle) Beanspruchung (Fastenmeier, 1995; De Waard, 1996) können kritische Situationen im Straßenverkehr begünstigen. Das konkrete Zusammenwirken von Fahrer, Fahrzeug und Umwelt soll im Folgenden näher betrachtet werden.

2 Erarbeitung psychologischer und ergonomischer Grundlagen

Nachdem die innerstädtische Kreuzungssituation aus den Unfalldaten als potentiell kritisches Szenario hervorging, gilt es, zunächst die kognitionspsychologischen Merkmale auf Fahrerseite sowie die systemergonomischen Herausforderungen unter Berücksichtigung der Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fahrzeug genauer zu betrachten.

Das Zusammenspiel zwischen diesen Faktoren kann anhand eines Regelkreisparadigmas veranschaulicht werden. Zunächst wird das allgemeine Strukturschema eines Mensch-Maschine-Systems zugrunde gelegt (McRuer & Jex, 1967; Johannsen, 1977; Geiser, 1990). Das Wechselspiel zwischen Mensch und Maschine steht im Vordergrund. Es wird vor dem Hintergrund äußerer Belastungs- und Umwelteinflüsse und der Aufgabe, welche durch den Menschen an der Mensch-Maschine-Schnittstelle verrichtet und durch ein Feedback von der Maschine bestätigt wird, betrachtet. Einen detaillierteren Einblick für den automobilen Kontext lässt an dieser Stelle die Struktur des Systems Fahrer-Fahrzeug-Straße zu (Johannsen, 1977). Dieses Paradigma erlaubt eine Spezifikation der beiden Protagonisten „Fahrer“ und „Fahrzeug“ sowie der Schnittstelle zwischen beiden.

Ersterer hat, unter Berücksichtigung seiner kognitiven Fähigkeiten, verschiedene Aufgaben im Regelkreis zu erfüllen. Der Mensch als Teil des Paradigmas steht im Folgenden zunächst im Vordergrund. Eine umfassende Literaturanalyse wird Grundlagen der menschlichen Informationsverarbeitung, der Wahrnehmungspsychologie und der beiden Konstrukte „Aufmerksamkeit“ und „mentale Beanspruchung“ zusammenfassen und damit eine wesentliche Basis für die Konzeptentwicklung des situativen Workloadmanagements liefern. Besonders das Phänomen der begrenzten kognitiven Verarbeitungskapazität spielt bei der Mensch-Maschine-Schnittstelle und damit im Fahrzeug eine wichtige Rolle.

Die äußeren Umwelteinflüsse, welche auf Fahrer, Fahrzeug und Schnittstelle einwirken können, sind für die weiteren Betrachtungen nur sekundär relevant und werden daher nicht näher erläutert.

Die konkrete Schnittstelle wird aus systemergonomischer Sicht hinsichtlich der Grundlagen der Fahraufgabe, verschiedener Ansätze eines Fahrerhaltensmodelles und des konstruierten Fahrerbeanspruchung sowie Performanz ausführlich argumentiert.

Schließlich führt die Betrachtung zu einem Ansatz, welcher die limitierenden Eigenschaften des Fahrers in der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstelle berücksichtigt, um die unfallträchtige urbane Kreuzungssituation zu entschärfen und verbesserte Fahrleistung und Performanz in der beanspruchenden Situation zu gewährleisten. Abschließend wird das Kapitel einen knappen Überblick über Workloadmanagement-Konzepte, deren Einordnung in die Klassifikation der Fahrerassistenzsysteme und eine Diskussion bereits vorhandener Ansätze abbilden. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle kann dabei als Interaktionskanal zwischen Fahrer und Fahrerassistenzsystem verstanden werden.

2.1 Kognitionspsychologische Grundlagen

Neben den Bereichen Lernen, Gedächtnis und Entscheidungsfindung sind im Fahrkontext vor allem die kognitionspsychologischen Konstrukte Wahrnehmung und Aufmerksamkeit relevant (Wickens & McCarley, 2008). Beginnend bei Korrelationsstudien, über kontrollierte Experimente bis hin zu dual tasks bietet die Kognitionspsychologie vielseitige Untersuchungsmechanismen (Vgl. Bower & Clapper, 1989). Im Folgenden werden zunächst Prozesse und Eigenschaften der menschlichen Wahrnehmung thematisiert. Vor dem Hintergrund der Entwicklung eines den Fahrer entlastenden FAS liegt dabei der Fokus vor allem auf der visuellen Wahrnehmung. Eine wesentliche Grundlage bei der Betrachtung menschlicher Leistungsfähigkeit bildet das einfache Informationsverarbeitungsmodell (Luczak, 1975, S. 15). Der Mensch führt nacheinander die Prozessschritte „Entdecken“, „Erkennen“, „Entscheiden“ und schließlich „Handeln“ aus (ebd.). Diese werden anschließend spezifiziert und charakterisiert. Die Berücksichtigung der menschlichen Voraussetzungen und

Limitationen liefert Anforderungen an die ergonomische Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen.

Die menschliche Aufmerksamkeit und die psychologische Beanspruchung als wesentliche Kernkonzepte kognitiver Psychologie bilden einen weiteren Schwerpunkt des Kapitels. Verschiedene Arten und Paradigmen von Aufmerksamkeit werden erörtert und als wichtiger Ausgangspunkt des zu entwickelnden Informationskonzeptes zusammengefasst. Als Konsequenz der Beschreibung von Verfügbarkeit und Aufteilung kognitiver Ressourcen wird das Konstrukt mentaler Beanspruchung abgeleitet und charakterisiert.

Die Arbeit setzt sich im Folgenden kritisch mit den jeweiligen vorhandenen Ansätzen auseinander. Das Kapitel liefert somit eine relevante Basis für die weiteren Betrachtungen und damit auch für die Entwicklung des Assistenzsystems. Auf Basis limitierender kognitiver Eigenschaften können schließlich Anforderungen an ein ganzheitliches ergonomisches Informationskonzept definiert werden.

2.1.1 Grundlagen menschlicher Wahrnehmung

Die menschliche Wahrnehmung beschreibt den Weg vom Stimulus zur Reaktion und kann daher auch als der Vorgang der internen Repräsentation der Umwelt bezeichnet werden (Wickens & Hollands, 2000; Wickens et al., 2013). Informationsverarbeitungsmodelle spezifizieren diesen psychophysiologischen Prozess als die Aufnahme eines Reizes durch einen Rezeptor (Perzeption), welcher den Stimulus wiederum in eine kognitive Repräsentation umsetzt (Kognition) und schließlich zu einer Response des Menschen führt (Motorik) (Wickens & Hollands, 2000; Goldstein, 2008). Die Perzeption oder Informationsaufnahme kann über verschiedene Sinneskanäle erfolgen. In Abhängigkeit der dargebotenen Modalität unterscheidet sich die menschliche Reizreaktionszeit (Vgl. Woodworth & Schlosberg, 1965, S. 16). Differenziert werden hierbei Exterozeptoren, Interozeptoren und Propriozeptoren (Fanghänel, Pera, Anderhuber & Nitsch, 2003), welche unter anderem visuelle, akustische, haptische und vestibuläre Wahrnehmung ermöglichen. Die visuelle Informationsaufnahme, welche durch das Auge erfolgt, kann anhand der zwei dissoziativen Pfade – die Objekt- (vision-for-perception) und die Raumwahrnehmung (vision-for-action) – konkretisiert werden (Mishkin, Ungerleider & Macko, 1983; Bruno, Bernards & Gentilucci, 2008; Goldstein, 1989). Das Ohr ist der Rezeptor akustischer Wahrnehmung und ermöglicht die auditorische Mustererkennung sowie eine akustische Raumorientierung. Die haptische Wahrnehmung erfolgt über den taktilen und den kinästhetischen Kanal, wodurch Druck-, Bewegungs- und Vibrationsempfinden entstehen. Die Gleichgewichts- oder vestibuläre Wahrnehmung ermöglicht im Fahrzeug beispielsweise die Wahrnehmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung (Goldstein, 1989). Schließlich beschreibt die multimodale Wahrnehmung die

Aufnahme übereinstimmender Positionsinformationen beispielsweise eines visuellen und eines akustischen Stimulus, welche als vom selben Reiz kommend wahrgenommen werden (Goldstein, 1989).

Da vom Fahrer circa 80-90 % aller Informationen mit dem Auge aufgenommen werden (Vgl. Forbes, 1972; Hills, 1980; Cohen, 1987), steht die visuelle Wahrnehmung bei dieser Arbeit im Fokus. Die physiologischen Prozesse der visuellen Informationsaufnahme können, als Grundlage des gesamten Prozesses, grob wie folgt skizziert werden: Die Netzhaut des menschlichen Auges zeichnet sich durch zwei verschiedene, als Fotorezeptoren spezialisierte Arten von Sinneszellen – die Zapfen und die Stäbchen – aus. Dabei befinden sich erstere hauptsächlich im fovealen Bereich auf der Netzhaut und sind für das „photopische Sehen“ (Farbwahrnehmung) notwendig. Die Stäbchen hingegen, deren Dichte vom Zentrum zur Peripherie des Augapfels zunimmt, dienen dem „skotopischen Sehen“ (Nachtsehen, Dämmerungssehen). Diese Fotorezeptoren nehmen reflektiertes Licht auf (Transformation) und leiten ihre Impulse an die Sehnerven der Augen, die Ganglienzellen mit Axonen weiter (Transduktion). Eine detaillierte Abfolge des konkreten Transportes dieser Informationen wird unter anderem von Wickens & Hollands (2000), Levine (2000) und Goldstein (2008, 2010) beschrieben. Die elektrischen Signale werden schließlich in eine bewusste Erfahrung (Wissen) umgesetzt und führen damit zu einer Handlung (Verhaltensreaktion). Die ersten Schritte des Wahrnehmungsprozesses erfolgen somit automatisch und sehr schnell (Gregory, 1964; Wickens & Hollands, 2000; Wickens et al., 2013). Weiterhin führen der sensorische Input (Bottom-up-Verarbeitung) und der wissensbasierte Input (Top-down-Verarbeitung) zu einem Gesamtbild und final zu einer Aktion (Rumelhart, 1977; Rumelhart & McClelland, 1981).

Grundsätzlich konnte aufgezeigt werden, welche Prozessstufen bei der Wahrnehmung und der Verarbeitung von Informationen durchlaufen werden. Offensichtlich können dabei Engpässe entstehen, da der Mensch nicht immer überall alle Informationen aufnehmen kann. Vielmehr übersteigt das „ständige Überangebot“ die begrenzte „menschliche Verarbeitungskapazität“ und somit erscheint eine bewusste Wahrnehmung aller Eindrücke unmöglich (Vgl. Abendroth & Bruder, 2015, S. 4). Die Selektivität ist eine wichtige Eigenschaft der menschlichen Wahrnehmung. Einerseits ist sie durch begrenzte Leistungsfähigkeiten der Sinnesorgane und andererseits durch selektive Aufmerksamkeit (Kapitel 2.1.2) beschränkt. Weitere Eigenschaften können wie folgt zusammengefasst werden: Die Wahrnehmung unterliegt bestimmten Einschränkungen – so gibt es beispielsweise nur einen bestimmten Bereich von sichtbarem Licht (zwischen 400 nm und 700 nm) und eine bestimmte Anzahl von Sinnesmodalitäten. Wahrnehmungsprozesse erfordern Zeit (Reizreaktionszeit), sind aktiv (Gibson, 1979) und erfolgen kontextabhängig (Kanisza, 1976). Das informationsverarbeitende System zeichnet sich zusammenfassend durch seine Modularität, Verarbeitung und Repräsentation aus (Palmer & Kimchi, 1984).