



1 Einleitung und Zielsetzung

**„Es ist ein Grundproblem der Menschen: Wir glauben, was wir sehen. -
Leider. Denn wir sehen längst nicht so gut, wie wir glauben.“**

Mit dieser griffigen Aussage von *Frank C. Keil*, Direktor des Cognition und Development Lab der Yale-Universität, wird die eingeschränkte Zuverlässigkeit des Sehens betont (Berndt, 2006). Dieser Hinweis stellt die Verlässlichkeit des Sehens als vermeintlich unumstößliche Basis unserer subjektiven Wahrnehmung in Frage und rüttelt damit an den Grundfesten menschlichen Bewusstseins.

Denn für jeden einzelnen Menschen gilt der originär und real gesehene Vorgang als Faktum. In der Sprachgeschichte bildet laut *DUDEN* (1997, S.817) das Wort *weid* die indogermanischen Wurzeln des deutschen Wortes *wissen*. Wörtlich bedeutet das Stammwort *wizzen* = „*ich habe gesehen*“. Auch der englische Begriff *witness* = *Zeuge* und das lateinische *videre* = *sehen* leiten sich davon ab.

Die Verlässlichkeit und Richtigkeit des eigenen Sehens ist so selbstverständlich, dass die eigene Gesundheit und Existenz als höchstes Gut des Menschen tagtäglich darauf baut, so beispielsweise beim Überqueren einer befahrenen Straße.

Dass die Sicht vom Fahrerplatz aktueller Pkw in den Straßenverkehr längst nicht immer diese hohen Anforderungen des Menschen an die Güte des Sehens erfüllt, verdeutlicht das Ergebnis einer repräsentativen Ergonomie-Studie. So wurden im Rahmen der deutschen Körpermaß-Reihenmessung ‚*Size Germany*‘ (2009) in den Jahren 2007/2008 den 13.362 vermessenen Personen auch 11 Fragen zur Beurteilung ihrer jeweiligen Fahrzeuge gestellt. Kennzeichnendes Ergebnis dabei war, dass die Sichtbedingungen aus dem Fahrzeug (Rundumsicht) sowohl von Männern wie von Frauen unter allen 11 befragten Aspekten am schlechtesten bewertet wurden! Der Aspekt der Sichtbedingungen erhielt sowohl die deutlich schlechteste durchschnittliche Bewertung als auch die häufigste Nennung von Schwächen!

Diese statistische Beurteilung einer großen Personenzahl fußt jeweils auf den individuellen, subjektiven Eindrücken jedes Einzelnen. Im Laufe der folgenden Arbeit wird auch deutlich werden, durch welche vielfältigen Faktoren und Wirkungsmechanismen diese negativ empfundenen Eindrücke verursacht werden.



1.1 Ausgangssituation

In der nun 125 jährigen Geschichte des Automobils hat die Fahrzeugtechnik bemerkenswerte Entwicklungsschritte durchlaufen. Die Aufgaben des Menschen als Fahrzeugführer haben sich in ihrer Qualität während dieser Zeit nur unwesentlich verändert. Hinsichtlich der Aufgabenquantität ist jedoch seit Beginn des Autofahrens eine kontinuierliche Zunahme zu verzeichnen, die mit der Steigerung der Verkehrsleistung und der Intensivierung der Verkehrsdichte einhergeht. Erfreulicherweise haben in Deutschland die negativen Folgen für Leib und Leben der Menschen, die am Straßenverkehr teilnehmen, aufgrund der verbesserten passiven Sicherheit der Fahrzeuge von 1970 bis 2010 stetig abgenommen (Abbildung 1-1). Dieser deutliche Trend scheint neuerdings zu stagnieren und er gilt nicht für die Zahl der Unfälle insgesamt. Ihre Zahl stagniert bereits seit etwa 10 Jahren. Hinsichtlich der aktiven Sicherheit der Fahrzeuge zur Vermeidung von Unfällen sind also in jüngerer Vergangenheit keine Effekte mehr spürbar (Abbildung 1-2).

Die GIDAS-Datenbank der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) liefert *Gründl* (2005) als Ursachen für Straßenverkehrsunfälle zu 93,5% so genanntes ‚menschliches Fehlverhalten‘, zu 4,6% ‚Umgebungsbedingungen‘ wie z.B. Witterung und zu 0,7% ‚technische Mängel‘.

Am Aspekt des ‚menschlichen Fehlverhaltens‘ setzen seit einigen Jahren die Maßnahmen der europäischen und nationalen Verkehrsbehörden sowie der Automobilhersteller und -zulieferer unter Programmtitel eSafety an. Fehlerverursachende Aufgaben des menschlichen Fahrers sollen durch zuverlässige technische Systeme unterstützt oder ersetzt werden. Durch die Entwicklung und Verwendung von elektronischen Fahrerassistenzsystemen soll die aktive Sicherheit moderner Fahrzeuge verbessert und dadurch Unfälle vermieden oder die Unfallschwere reduziert werden. Die Fahrzeugtechnik ist damit in eine Epoche der Fahrerassistenzsysteme eingetreten. Das visionäre Ziel am Ende dieses Weges ist das unfallfreie Fahren. Zu diesem Zweck werden große Forschungs- und Entwicklungsbudgets investiert, um mit Hilfe von technischen Sensoren dem Fahrzeug auf unterschiedliche Art und Weise „das Sehen“ zu ermöglichen und damit eine technische Umfelderkennung der Straßensituation und anderer Verkehrsteilnehmer zu realisieren. Viele dieser Projekte zeigen sehr positive Ansätze im Sinne der Verkehrssicherheit. Zukünftige Entwicklungsschritte werden die Leistungsfähigkeit dieser Systeme bei sinkenden Kosten weiter



erhöhen und den Nutzen steigern. (Lange, 2008; Staubach, 2010; Buck, 2005; EU-Commission, 2008)

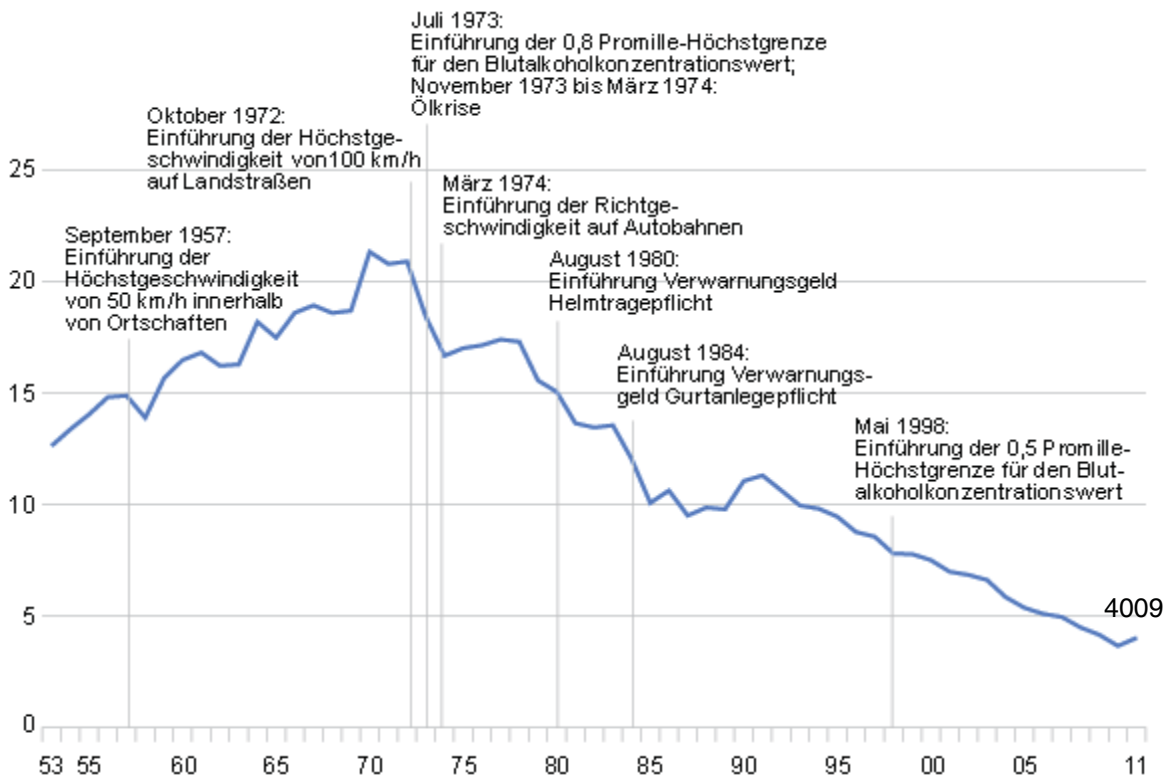


Abbildung 1-1: Entwicklung der Zahl der Straßenverkehrstoten in Deutschland 1953-2011 (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2012)

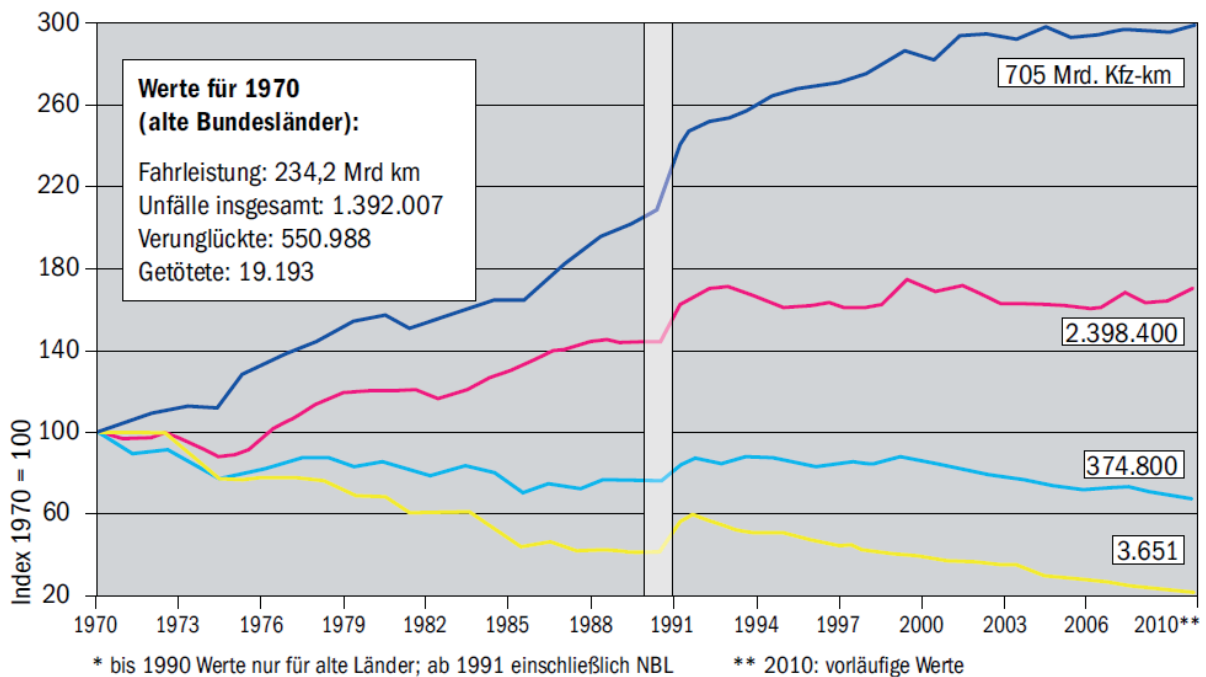


Abbildung 1-2: Entwicklung der Kfz-Fahrleistungen, der Verkehrsunfälle, der Verunglückten und der getöteten Personen in Deutschland (Quelle: ADAC 2011 bzw. Statistisches Bundesamt, 2011)



Im Rahmen der Entwicklungen dieser Assistenzsysteme stoßen viele Projekte immer wieder auf dieselbe Fragestellung: Wie sind die gewonnenen Informationen der technischen Sensorik im Fahrzeug zu verwenden? Häufig sind die Antworten darauf nur durch Einbeziehung ergonomischer Kenntnisse zu finden, denn die möglichen technischen Maßnahmen greifen zumeist weit in den eigentlichen Aufgabenbereich des menschlichen Fahrzeugführers ein. Ob die Fahrerassistenzsysteme nun in ihrer Art der Eingriffswirkung informierend, beratend, kontrollierend, übersteuernd oder automatisierend ausgelegt sind, sie übernehmen Aufgaben, die zuvor dem Fahrer allein oblagen, und müssen effizient und reibungslos mit dem Fahrer zusammenwirken. Dieser Anspruch wird möglicherweise niemals für alle Situationen und Variationen perfekt und umfassend zu realisieren sein.

Mit dem ersten Einsatz elektronischer Assistenzsysteme vor einigen Jahren begann sich die Fahraufgabe zu einer Doppeltätigkeit zu wandeln. Neben die unmittelbare primäre Fahrzeugführung stellt sich die mittelbare Interaktion mit Fahrerinformations-, -kommunikations- und -assistenzsystemen als zunehmend umfassender werdende Sekundäraufgabe. Die Informationsübermittlung dieser elektronischen Systeme erfolgt ebenso wie die ‚natürliche‘ Informationsaufnahme vorwiegend visuell.

Für die ergonomische Gestaltung des Fahrerplatzes ergeben sich daraus zwei wesentliche Aufgabenstellungen:

- Uneingeschränkte visuelle Informationsaufnahme des Fahrers bei direkter Sicht in den Verkehr
- Sichtoptimierung der Anzeigen zur effektiven visuellen Wahrnehmung innerhalb des Fahrzeugs

Aus kritischer Betrachtung der Entwicklung der Fahrzeugtechnik lässt sich desweiteren eine bedenkliche Wechselwirkung beider Aspekte erkennen:

Maßnahmen der Karosseriekonstruktion zur Steigerung der passiven Sicherheit oder des Komforts wurden mittels Einschränkungen der Sichtbedingungen zu Lasten der aktiven Sicherheit realisiert.

Als prägnantestes Beispiel dafür ist die Verbreiterung der A-Säulen zu nennen. Steigende Anforderungen an die Aerodynamik der Fahrzeuge haben die Frontscheibe in



eine flachere Neigungsposition getrimmt. Die Erhöhung der Karosseriesteifigkeit und des Überrollschutzes führten zu einer deutlichen Verbreiterung des Säulen-Querschnittes. Dieser hat bei verschiedenen Karosserietypen bereits die Grenze des erträglichen überschritten. Kapitel 5.3 geht näher auf diese Problematik ein. Zur Kompensation der daraus resultierenden Sichtverdeckung wird bereits daran gearbeitet, ein weiteres elektronisches Assistenzsystem zu entwickeln.

Noch deutlicher wird die Tendenz bei der Analyse der Sichtbedingungen im rückwärtigen Bereich des Fahrzeugs. *Meic-Sidic (2005)* zeigt, dass sich die direkte rückwärtige Sicht der Karosserie aus aerodynamischen, ästhetischen und bauraumbedingten Gründen vielfach dermaßen verschlechtert hat, dass rückwärtige Rangieraufgaben z.B. zum Einparken ohne technische Einparkhilfen nicht mehr zufriedenstellend auszuführen sind. Die notwendige Sicht auf Anzeigen für die Einparkhilfe kann für den Fahrer zu räumlichen oder zeitlichen Konflikten mit der direkten Außensichtkontrolle durch die Scheiben treten.

In beiden Fällen ist ein Trend erkennbar, die negativen Folgen einer karosserietechnischen Maßnahme durch Einsatz zusätzlicher Elektronik zu kompensieren, anstatt die ursächlichen Beeinträchtigungen zu reduzieren.

Das Ressourcenmodell des menschlichen Kognitionsprozesses nach *Eckstein (2005)* erläutert, dass jede Zuwendung zu einer sekundären Tätigkeit innerhalb des Fahrzeugs Ressourcen von der Verkehrsbeobachtung für die primäre Fahrzeugführung abzieht. Die zeitliche Verteilung der Blickzuwendung auf primäre Fahraufgabe und sekundäre Tätigkeit ist ein objektives Merkmal dafür.

Im Hinblick auf den steigenden Einsatz von Fahrerassistenzsystemen ist davor zu warnen, die Zeitanteile der sekundären Aufgaben des Fahrers hinsichtlich der Interaktion mit elektronischen Mensch-Maschine-Schnittstellen zu Lasten der direkten Verkehrsbeobachtung auszuweiten. Trotz der steigenden Effizienz von Fahrerassistenzsystemen sind die beiden folgenden Grundsätze zu verfolgen:

- Minimierung der zeitlichen und räumlichen Blickablenkung vom Verkehr
- Optimierung der Bedingungen zur direkten Verkehrsbeobachtung

Außerdem verlangt eine Reduzierung der Quantität, also der zeitlichen Anteile, der direkten Sicht in den Verkehr eine Verbesserung der Qualität der direkten Sicht anstatt einer Verschlechterung! Vielversprechend erscheint eine Kombination beider



Möglichkeiten durch sogenannte kontaktanaloge Anzeigen unmittelbar im direkten Sichtfeld zu sein.

1.2 Ziel der Arbeit

Die Fahrzeugentwicklung als Bestandteil des modernen industriellen Produktentstehungsprozesses verlangt nach einer schnellen, zielgerichteten und präzise definierten konzeptionellen Auslegung eines neuen Fahrzeugs. Kosten und Zeit verschlingende iterative Optimierungsschleifen sollen nach Möglichkeit vermieden werden. Diesem Anspruch hat sich auch die ergonomische Auslegung von Fahrzeugen unterzuordnen. Daraus lassen sich zwei Anforderungen ableiten:

- Hinreichendes Wissen über die ergonomischen Einflüsse auf den Menschen
- Leistungsfähige Simulationswerkzeuge zur Unterstützung der prospektiven konstruktiven ergonomischen Auslegung

Durch die fortschreitende technologische Entwicklung der Fahrzeugtechnik steigen auch zunehmend die Ansprüche an den Kenntnisstand und die Methoden der Ergonomie. Konkret erfordern die intensive Verwendung von Fahrerkommunikations- und -informationssystemen sowie die Integration neuartiger Fahrerassistenzsysteme zusätzliche Tätigkeiten vom Fahrer. Das bedeutet, dass einerseits zusätzlich kognitive Leistungen bei der Fahrzeugführung erbracht werden müssen und andererseits eine vielfältige Konkurrenz der Aufmerksamkeit zu den bisherigen Aufgaben und Tätigkeiten des Fahrers entstehen. Speziell im Bereich der visuellen Wahrnehmung steigen die Anforderungen an den Fahrzeugführer und ebenso an den konzipierenden Fahrzeug-Ergonomen, der die optimale Auslegung dessen Fahrerplatzes vornehmen soll. Insofern hat diese Arbeit zum Ziel, Kenntnislücken hinsichtlich der Sichtwahrnehmung im Fahrzeug zu schließen und das zentrale Auslegungswerkzeug in der Fahrzeug-Ergonomie, das 3D-Menschmodell RAMSIS, mit zusätzlichen Sichtauslegungsfunktionen zu ergänzen und zu verfeinern.

Die funktionellen Erweiterungen von RAMSIS sollen den Weg zu einem kognitiven Menschmodell einschlagen und ausgehend von der Simulation perceptiver Funktionen des Wahrnehmungsprozesses einen ersten Schritt zu diesem langfristigen methodischen Ziel gehen. Denn es wäre mehr als wünschenswert für die praktische



Auslegung von Anzeige- und Bedienkonzepten in Fahrzeugen auf Basis der kognitiven Ergonomie, ein genauso leistungsfähiges Werkzeug zu erhalten, wie dies RAMSIS seit Anfang der 1990er Jahre für die anthropometrische Ergonomie ist.

1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die Arbeit beginnt in Kapitel 2 mit einer komprimierten Beschreibung des visuellen Wahrnehmungsprozesses des Menschen. Dabei werden vor allem die Funktionsweisen und speziellen Eigenschaften beschrieben, die eine besondere Bedeutung für die visuelle Wahrnehmung als Autofahrer besitzen.

In Kapitel 3 werden die visuellen Anforderungen an Fahrer und Fahrzeug beschrieben, die durch die Aufgabe des Führens eines Kraftfahrzeugs hervorzuheben sind. Dabei wird neben der Beschreibung von Kriterien und Definitionen der Sicht auch auf die Diskussion von derzeitigen Defiziten näher eingegangen. Die Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit dem Thema wird daraus deutlich.

Die Projektierung von neuen Anwendungsfunktionen in RAMSIS für die Auslegung von Fahrzeugen wird in Kapitel 4 beschrieben. Existierendes ergonomisches Lehrbuchwissen wird in praktische Auslegungsmethoden für die Gestaltung von Fahrzeugen umgesetzt. Der Anwendungszweck und Nutzen der jeweiligen Auslegungsmethode wird dort erläutert. Durch die Realisierung in RAMSIS stehen diese Funktionen den auslegenden Ergonomen für den praktischen Einsatz zur Verfügung. Darüber hinaus wird dem Nutzer nun die parametrische Erzeugung von einfacher Umgebungsgeometrie ermöglicht.

Besondere Konstellationen der Sichtverdeckung in dynamischen Verkehrssituationen werden in Kapitel 5 theoretisch untersucht. Die konflikträchtigen Verkehrssituationen Kurvenfahrt, Kreuzungsannäherung und Kreisverkehr werden auf Ihre Kritikalität durch Sichtverdeckung durch die A-Säulen analysiert. Die gebräuchlichen Messverfahren der A-Säulen-Verdeckung werden einem kritischen Vergleich unterzogen. Einerseits sind in diesem Kapitel bereits Anwendungsbeispiele für die praktische Verwendung von RAMSIS-Funktionen beschrieben. Bisher stand in der Anwendung von RAMSIS stets die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Fokus der Auslegung. Hier wird besonders deutlich, dass auch bei der fahrzeuergonomischen Auslegung mit kogni-



tiven Aspekten die Betrachtung aller drei Elemente des gesamten Regelkreises Fahrer-Fahrzeug-Umgebung eine wesentliche Rolle spielt.

Zwei experimentelle Untersuchungen der Situationen Kurvenfahrt und Kreuzungsannäherung im Fahrsimulator in Kapitel 6 ergänzen die theoretischen Betrachtungen. Dabei wird besonders die Kompensationsfähigkeit der Fahrer beobachtet und untersucht in welcher Weise sie die theoretische Gefährdung durch Kompensationsverhalten abmildert.

Diskussion und Ausblick beleuchten in Kapitel 7, welche Aspekte des Blickverhaltens beim Fahren durch diese Arbeit erklärt werden können und welche offenen Punkte noch weiterhin nach einer Beantwortung verlangen.

Kapitel 8 fasst die Arbeit abschließend zusammen.