

Analyse von Verkehrsunfällen hinsichtlich unterschiedlicher Fahrerpopulationen und daraus ableitbarer Ergebnisse für die Entwicklung adaptiver Fahrerassistenzsysteme

Dipl.-Ing. (FH) Birgit Graab, Dipl.-Ing. Eckart Donner, AUDI AG
Dipl.-Psych. Ulrich Chiellino, Audi Accident Research Unit, Klinikum der Universität Regensburg
Dipl.-Psych. Maria Hoppe, Volkswagen AG

Übersicht:

Im Volkswagenkonzern werden durch die Markenteams Audi und VW neben der technischen und medizinischen Analyse von Unfällen seit Mitte 2002 auch verkehrspsychologische Aspekte von Verkehrsunfällen untersucht. Am Beispiel der AARU (Audi Accident Research Unit) wird die grundsätzliche Arbeitsmethodik vorgestellt. Insbesondere das Vorgehen und Erkenntnisse der Fehleranalyse aus verkehrspsychologischer Sicht und deren Nutzen für die Auslegung von Fahrerassistenzsystemen werden anhand von einem Beispiel dargestellt.

1. Einleitung

Menschliches Fehlverhalten ist nach wie vor die häufigste Ursache für Verkehrsunfälle. Ausgehend von dieser Tatsache nimmt die Entwicklung aktiver Fahrzeugsicherheits- und Fahrerassistenzsysteme einen immer höheren Stellenwert ein. Eine Voraussetzung für die zielgerichtete Entwicklung und nutzergerechte Funktionsauslegung dieser Systeme ist die Kenntnis über Unfallentstehung und Unfallursachen. Daher stellt in der Verkehrsunfallforschung die verkehrspsychologische Unfallanalyse neben der technischen und medizinischen Analyse einen wesentlichen Baustein dar. Seit Mitte 2002 ist die verkehrspsychologische Unfallanalyse ein fester Bestandteil der Unfallforschung im Volkswagen Konzern.

Das Markenteam Audi firmiert unter dem Namen AARU (Audi Accident Research Unit) und ist eine interdisziplinäre Forschungsgemeinschaft zwischen der AUDI AG und dem Klinikum an der Universität Regensburg. Unterstützt wird die AARU durch das Bayerische Staatsministerium des Innern. Die Erkenntnisse der AARU fließen unmittelbar in die Fahrzeugentwicklung von Audi ein. Der Schwerpunkt liegt auf der Weiterentwicklung der passiven Sicherheit und auf der Entwicklung der dem Fahrer unterstützenden Systeme der aktiven Sicherheit zur generellen Unfallvermeidung. Ein wesentliches Element der verkehrspsychologischen Unfallforschung ist die Fehleranalyse des personenbezogenen Informationsverarbeitungsprozesses, die eine Aussage über die Unfallursachen ermöglicht. Dies stellt die Basis für eine zielgerichtete Auslegung von Fahrerassistenzsystemen. Neben dem menschlichen Verhalten ist auch der demographische Wandel unserer Gesellschaft, und damit verbunden das weiter ansteigende durchschnittliche Alter von Fahrzeugführern ein Aspekt, der in der Unfallursachenforschung einen steigenden Stellenwert einnehmen wird und dessen sich die Automobilindustrie stellen muss.

Die Analysen der AARU haben gezeigt, dass unabhängig von der Altersgruppe, die fehlerhafte Informationsaufnahme des Fahrers als der größte Faktor bei der Verursachung von Verkehrsunfällen zu sehen ist [5]. Aus dieser Kenntnis heraus hat die AARU gemeinsam mit GIDAS (German In-Depth Accident Study) und der Volkswagen Unfallforschung die Fehleranalyse weiterentwickelt. Die nun entwickelte Fehlerklassifikation der Pre Crash Phase nach der 5-Step Methode wird in dem vorliegenden Beitrag vorgestellt und anhand von n = 278 realen Unfällen werden erste Analyseergebnisse diskutiert.

Analysis of traffic accidents with regard to varying driver populations and derivable results for the design of adaptive driver assistant systems

Dipl.-Ing. (FH) Birgit Graab, Dipl.-Ing. Eckart Donner, AUDI AG

Dipl.-Psych. Ulrich Chiellino, Audi Accident Research Unit, Klinikum der Universität Regensburg

Dipl.-Psych. Maria Hoppe, Volkswagen AG

Synopsis:

Within the Volkswagen Group, the Audi and VW brand teams not only undertake technical and medical analysis of accidents but since mid-2002 have also been exploring the traffic-psychology aspects of road accidents. Their basic working methods are presented here with the AARU (Audi Accident Research Unit) as an example. In particular, error analysis and the results it yields from a traffic-psychology viewpoint, together with their benefits for the design and rating of driver assistance systems, are discussed here with the aid of an example.

1. Introduction

Human error continues to be the most frequent cause of road accidents. In view of this, increasing significance attaches to the development of active vehicle safety and driver assistance systems. Information on the occurrence of accidents and their causes is a prerequisite for the targeted development of these systems and their suitability for the user. Accident analysis by traffic-psychology methods is therefore an important building-block in accident research alongside technical and medical analysis. Since mid-2002, it has been a firm constituent in the Volkswagen Group's accident research.

The Audi brand's team operates under the AARU (Audi Accident Research Unit) name and is an interdisciplinary research consortium with AUDI AG and the Regensburg University Clinic as its members. The AARU receives support from the Ministry for Internal Affairs of the German Free State of Bavaria. The AARU's findings are incorporated directly into Audi's vehicle development work. The emphasis is on the ongoing development of passive safety and the development of active systems that support the driver in his or her task and thus contribute to overall accident avoidance. An important element in accident research by traffic-psychology methods is the application of error analysis to person-related information processing, which permits a statement to be made about the causes of the accident. This in turn creates a basis for the targeted design and rating of driver assistance systems. In addition to human behaviour, demographic changes in our society allied to a continued increase in drivers' ages are an aspect that has its own significance in research into the causes of accidents, and which the automobile industry is obliged to take into account.

AARU analyses have shown that regardless of age group the main factor causing accidents is the erroneous intake of information by the driver [5]. In view of this finding, the AARU joined with GIDAS (German In-Depth Accident Study) and Volkswagen Accident Research on the further development of error analysis. Error classification of the pre-crash phase by the five-step method has now been developed; it is described below and the first analysis results, based on $n = 278$ actual accidents, are discussed.

2. Struktur und Methodik der Audi Accident Research Unit (AARU)

Die Audi Accident Research Unit (AARU) ist eine Forschungsgemeinschaft zwischen der Abteilung für Unfallchirurgie des Klinikums an der Universität Regensburg, der Polizei Bayerns und der AUDI AG. Eingebunden ist die AARU als Markenteam innerhalb der Volkswagen Konzernunfallforschung.

Die AUDI AG verbindet hiermit insbesondere die detaillierte Untersuchung von Verkehrsunfällen unter Beteiligung von jungen Audi Fahrzeugen unter medizinischen, psychologischen und technischen Aspekten. Dadurch werden aus dem realen Unfallgeschehen zusätzliche Detailkenntnisse über die eigenen Produkte gewonnen, die aus standardisierten Crashversuchen nicht zu ermitteln wären. Im Hinblick auf den immer größer werdenden Stellenwert von Systemen der aktiven Sicherheit und fahrerunterstützenden Systemen (FAS), nimmt die verkehrspsychologische Unfallanalyse auch innerhalb der AARU einen immer höheren Stellenwert ein.

Unfalldatenerhebung

Die interdisziplinäre Forschungsgemeinschaft der AARU besteht aus drei Fachteams (Medizin, Psychologie und Technik). Das Erhebungsgebiet der AARU erstreckt sich über den gesamten bayerischen Raum. Die Erhebung und die Aufnahme aller Daten in die Unfalldatenbank erfolgt ausschließlich unter der Voraussetzung des Einverständnisses der beteiligten Personen. Eine Übersicht über den Ablauf der Datenerhebung zeigt Abbildung 1.

Die Datenerhebung beginnt unmittelbar nach der Meldung eines Unfallereignisses durch die bayerische Polizei. Ist die Unfallstelle so zeitnah zu erreichen, dass die beteiligten Personen und Fahrzeuge noch an der Unfallstelle angetroffen werden können, wird die Unfallstelle durch einen Mitarbeiter der AARU unverzüglich angefahren und eine erste Dokumentation des Sachstandes vorgenommen. In den folgenden Tagen wird die weitere eigene Datenerhebung aller Teams durchgeführt. Diese wird durch retrospektive Daten (z. B. polizeiliche Unfallaufnahme, Gutachten, Arztberichte) ergänzt.

Nach Abschluss der spezifischen Datenerhebung findet eine gemeinsame Fallbesprechung statt, bei der das gesamte Unfallgeschehen gemeinschaftlich detailliert aus den Blickwinkeln Medizin, Psychologie und Technik betrachtet und analysiert wird. Erst nach dieser Besprechung und dem Erreichen eines gemeinsamen Verständnisses zu jedem einzelnen Aspekt des Unfalls werden die Daten zusammengefasst und anonymisiert in einer Datenbank gespeichert.

Medizinische Datenerfassung

Die Mitarbeiter des Teams Medizin erheben sowohl die medizinischen Daten als auch alle personenbezogenen Daten. Die Datenerhebung findet nicht selten im persönlichen Gespräch mit dem Unfallbeteiligten am Krankenbett statt. Zur Ergänzung der im Patientengespräch gewonnenen Daten werden Krankenakten inkl. Röntgenaufnahmen eingesehen und mit allen weiteren Befunden dokumentiert. Die gewonnenen medizinischen Daten werden durch die Mediziner im Hinblick auf das spezifische Unfallgeschehen einer ersten Analyse unterzogen.

Psychologische Datenerfassung

Das Team Psychologie analysiert die psychologischen Aspekte von Verkehrsunfällen. Aufgaben des Teams sind die Durchführung psychologischer Interviews mit unfallbeteiligten Fahrern und die standardisierte Erfassung und Analyse dieser Daten. Anhand dieser Analyse bietet sich der AARU die Möglichkeit, auf Basis von Realunfällen aussagekräftige und gesicherte Erkenntnisse über das Verhalten und die subjektiven Empfindungen und Eindrücke der Fahrer in der Pre-Crash-Phase zu erhalten.

Technische Datenerfassung

Das Team Technik ist für die technische Begutachtung des Unfalls zuständig. Dazu wird von den Mitarbeitern des Teams Technik eine Untersuchung aller unfallbeteiligten Fahrzeuge durchgeführt und die gewonnenen Daten werden in die Unfalldatenbank aufgenommen. Zu jedem Unfall wird eine Bilddokumentation erstellt. Die Untersuchung der Fahrzeuge beinhaltet die Aufnahme unfallspezifischer Beschädigungen und allgemeiner Fahrzeugdaten und eine Fahrzeugvermessung. Insbesondere stehen bei der Begutachtung das Verhalten der Sicherheitsausstattung und die Feststellung möglicher Verletzungsursachen im Fokus.

Als weitere Aufgabe obliegt dem Team Technik die Vermessung und Inspektion der Unfallstelle. Hierbei werden alle Unfallsuren und die Infrastruktur an und im unmittelbaren Umfeld der Unfallstelle dokumentiert. Abschließend führt das Team Technik eine Unfallrekonstruktion durch.

Kriterien zur Unfallmeldung

Durch die bayerische Polizei erhält die AARU die Information über ein Unfallereignis. Zur Meldung durch die Polizei kommt ein Unfall, wenn folgende Kriterien erfüllt wurden:

- Junges Audi Modell (Fahrzeugalter bis 2 Jahre)
und
- Verletzung mindestens eines Verkehrsteilnehmers (auch Fußgänger)
und/oder
- Airbagauslösung
und/oder
- massive Fahrzeugschäden

Integration in den Entwicklungsprozess

Die AARU ist in den Entwicklungsalltag der AUDI AG integriert. Interessante Unfallereignisse werden zeitnah den entsprechenden Entwicklungsabteilungen vorgestellt und mit den Fachleuten diskutiert. Durch die Analyse der Einzelfälle und des Weiteren durch statistische Auswertungen von Unfalldatenbanken (u.a. GIDAS Datenbank) wird durch die AARU Potential für zukünftige Fahrzeugentwicklungen aufgezeigt.

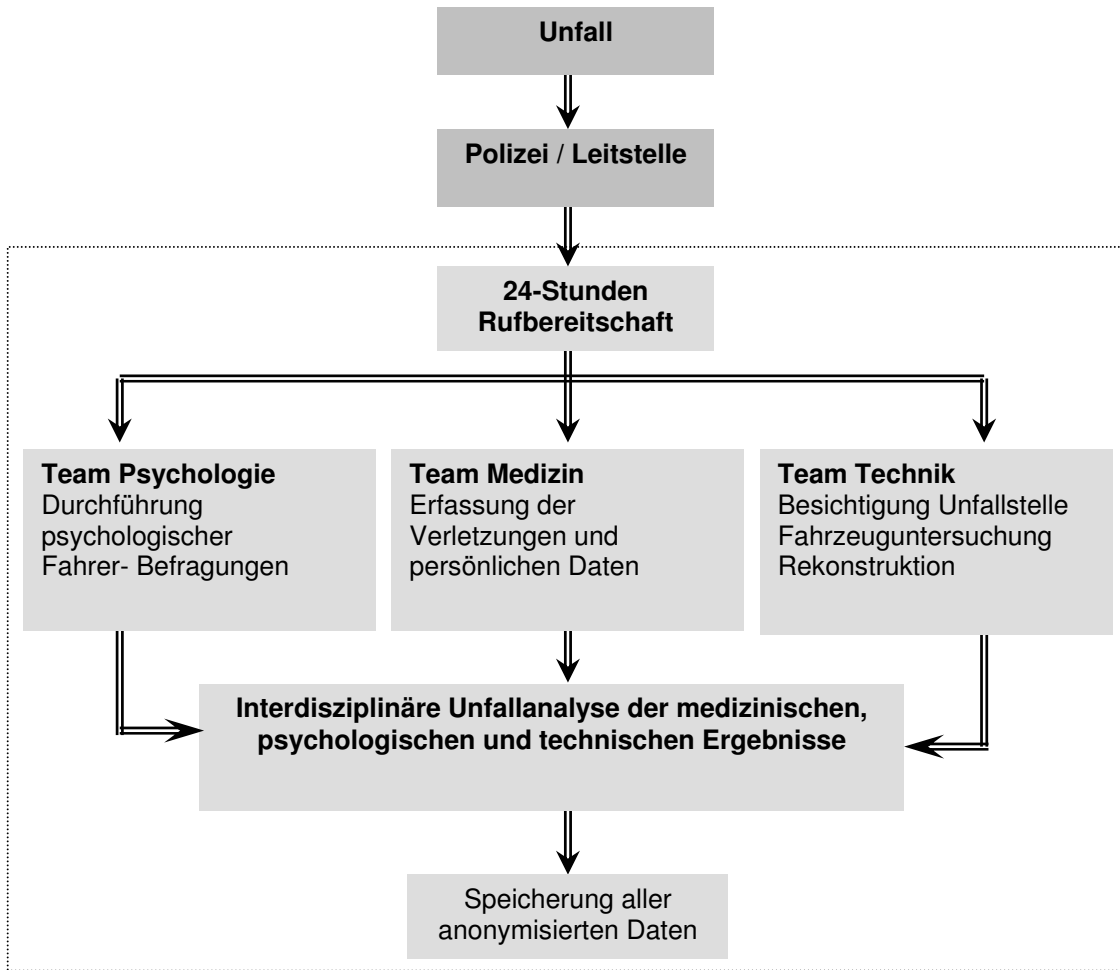


Abbildung 1: Datenerhebung und Unfallanalyse der AARU

3. Methodik der verkehrspsychologischen Unfallanalyse

3.1. Analyse der Pre-Crash-Phase

Das Ziel der Analyse ist es u. a. mit Hilfe von standardisierten Interviews die Ursachen und Risikofaktoren von Verkehrsunfällen zu bestimmen, um das Potential von Fahrerassistenzsystemen abschätzen zu können. Dazu muss der Informationsverarbeitungsprozess des Fahrers während der Pre-Crash-Phase rekonstruiert werden. Die Aussagen im Interview ermöglichen, das Verhalten der Fahrer in der Pre-Crash-Phase zu beurteilen und dabei auftretende Fehler zu kategorisieren.

Die Glaubhaftigkeit der Aussagen von Unfallbeteiligten können einerseits nach Konkretheit, Detailreichtum und interner Konsistenz geprüft [1] und andererseits mit den Aussagen weiterer Unfallbeteiligter / Zeugen verglichen werden. Zusätzlich verfügt das Interview über Items, die eine Plausibilitätskontrolle ermöglichen. Sollten Zweifel an der Glaubhaftigkeit zu den gemachten Angaben bestehen, werden die Daten als nicht valide eingestuft und dementsprechend unter Vorbehalt betrachtet. Aufgrund der im Interview geschilderten subjektiven Eindrücke zur Pre-Crash-Phase werden die Abweichungen zur objektiv wahrnehmbaren Situation (Umweltbedingung) herausgearbeitet. Dabei werden Ablenkungsquellen identifiziert und Ursachen für eventuelle Wahrnehmungsverzerrungen bestimmt.

3.2. Klassifizierung von menschlichen Unfallursachen nach Rasmussen

Ausgangspunkt bei der Erfassung von menschlichen Ursachenfaktoren im Unfallgeschehen ist die Informationsaufnahme und – verarbeitung der Verkehrssituation durch den Fahrer. In einem nächsten Schritt werden dann die sich daraus ableitenden Intentionen und Handlungsausführungen seitens des Fahrers bewertet. Dafür wurde das Fehlerklassifikationsmodell nach Rasmussen [2], adaptiert für die Fahrzeugführung durch Prof. Zimmer [3], herangezogen. Dieses beschreibt einen Algorithmus des Informationsverarbeitungsprozesses inkl. der Handlungsausführung und unterscheidet sieben verschiedene Arten von Fehlern.

(1) Struktureller Fehler

Der Fahrer konnte nicht eingreifen.

(2) Informationsfehler

Der Fahrer hat eine relevante Information zu spät oder gar nicht wahrgenommen.

(3) Diagnosefehler

Der Fahrer hat die Situation erkannt, aber falsch eingeschätzt.

(4) Zielsetzungsfehler

Der Fahrer hat die Situation richtig beurteilt, aber die falsche Intention gebildet.

(5) Methodenfehler

Der Fahrer hat das falsche Vorgehen zur Zielerreichung gewählt.

(6) Handlungsfehler

Der Fahrer hat bei der Umsetzung der Zielerreichung einen Fehler gemacht.

(7) Bedienungsfehler

Der Fahrer hat bei der Bedienung des Fahrzeugs einen Fehler gemacht.

Eine Ergebnisdarstellung für das Fehlerklassifikationsmodell nach Rasmussen zeigt die folgende Abbildung:

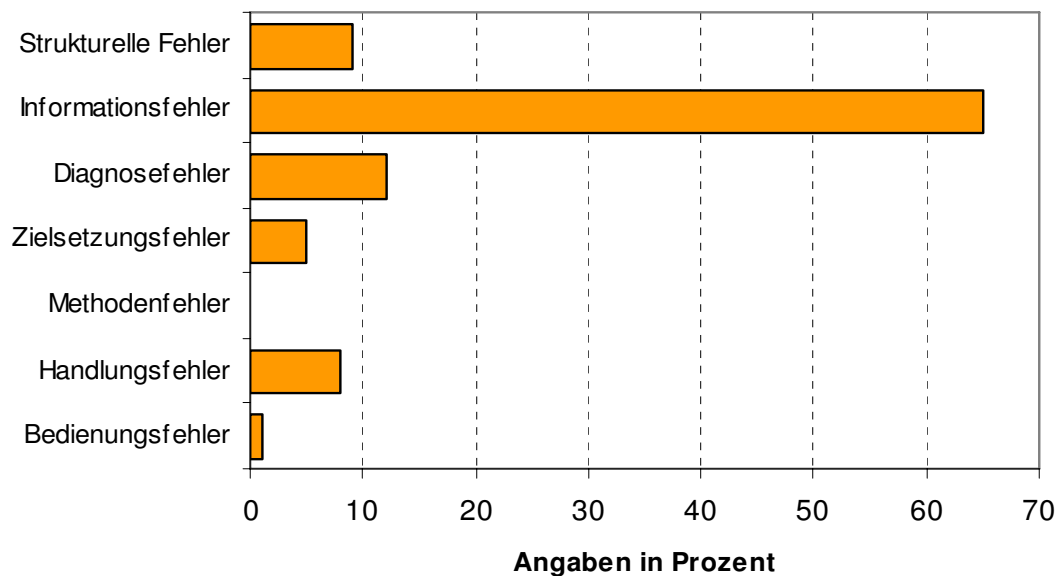


Abbildung 2: Ergebnisdarstellung der Fehlerklassifikation nach Rasmussen (n = 599)

3.3. Modifikation der Fehleranalyse nach Rasmussen – Fehlerklassifikation nach der 5-Step Methode

Die Auswertung der durch die AARU aufgenommenen Unfälle nach dem Fehlerklassifikationsmodell nach Rasmussen zeigt, dass der Informationsfehler eine bedeutsame Stellung einnimmt und der Methodenfehler, also die Auswahl eines korrekten Mittels zur Zielerreichung (Nutzung des Bremspedals zur Gefahrenbremsung anstatt der theoretisch alternativ zur Verfügung stehenden Handbremse), keine Ursache im realen Unfallgeschehen darstellt. Darüber hinaus ist eine getrennte Kategorisierung von Handlungs- und Bedienungsfehlern im Verkehrsunfallgeschehen auf Grund der geringen Anzahl an Bedienungsfehlern nicht sinnvoll.

Um detaillierte Ergebnisse hinsichtlich der Informationsaufnahme während der Pre-Crash-Phase erzielen zu können, wurde auf Basis der Erkenntnisse aus der Fehleranalyse nach Rasmussen in einer Kooperation mit GIDAS und der Volkswagen Unfallforschung ein in fünf Schritte unterteiltes System konzipiert, welches die Bedeutung der Informationsaufnahme wie folgt berücksichtigt:

(1) Informationszugang

Konnte der Fahrer die relevante Information objektiv erkennen?

(2) Informationsaufnahme

War die Informationsaufnahme seitens des Fahrers beeinträchtigt?

(3) Informationsverarbeitung

Wurde die wahrgenommene Information situationsbedingt richtig interpretiert?

(4) Zielsetzung

Ist eine der Situation angepasste Intention zur Gefahrenabwehr gebildet worden?

(5) Handlung

Wurde die angestrebte Zielsetzung in eine entsprechende Handlung umgesetzt?

Darüber hinaus wurde das System zur Klassifizierung von menschlichen Unfallursachen um eine zweite und dritte Ebene erweitert.

Die zweite Ebene erfasst Einflusskriterien, die ein Auftreten der Fehlerkategorie begünstigen. So kann z.B. der Informationszugang einer Verkehrssituation sowohl von fahrzeugexternen oder -internen Objekten erschwert werden, als auch durch Reizmaskierungen auf Grund von fehlenden Kontrastierungen.

Die Elemente, die z. B. den Informationszugang erschweren, werden auf der dritten Ebene als Indikator festgehalten. So kann z.B. eine Reizmaskierung durch Blendungen oder Dunkelheit sowie Nebel verursacht werden.

Somit kann durch eine entsprechende 3-stellige Kodierung (Fehlerkategorie / Einflusskriterium / Indikator) ein auf die menschliche Wahrnehmung und Interpretation der Verkehrssituation situativ wirksamer Faktor erfasst und entsprechend der Unfallszenarien ausgewertet werden. Eine verkürzte Darstellung der modifizierten Fehleranalyse ist Abbildung 3 zu entnehmen.

Abbildung 3: Verkürzte Darstellung der Modifizierung zur Unfallursachenkodierung

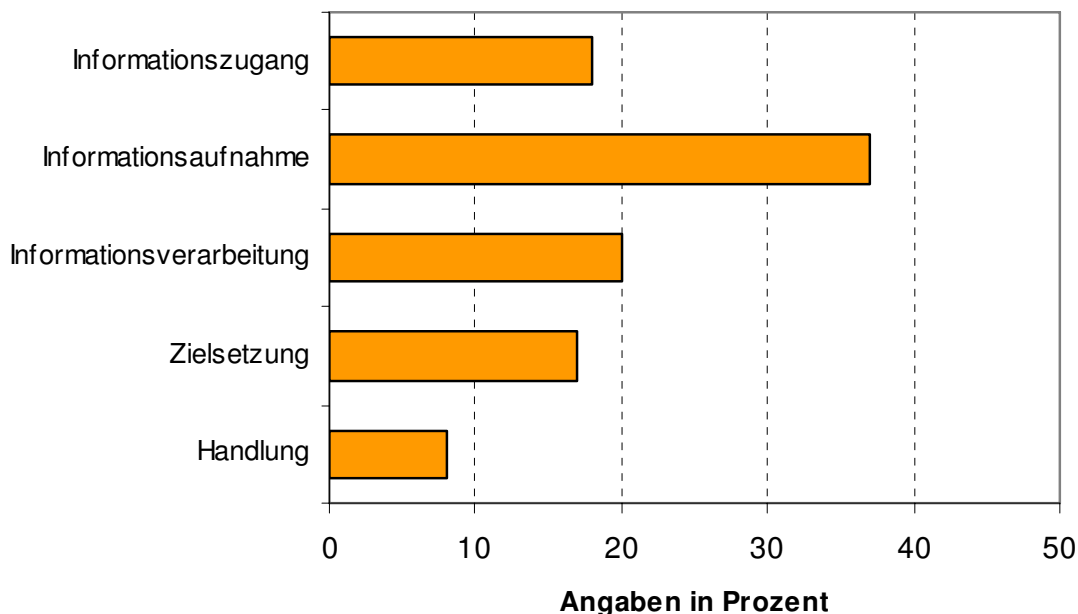
System	Kategorie	Einfluss	Indikator (Beispiele)
Mensch	Informationszugang	- Information nicht erfassbar	- z.B. Fehlsichtigkeit
		- Information verdeckt durch fahrzeug-externe Objekte	- Gebäude - Bepflanzung - Parkende Fahrzeuge
		- Information verdeckt durch fahrzeug-interne Objekte	- Stehende oder fahrende Fahrzeuge
		- Informationsmaskierung durch Witterung , Wetter und mangelnde Kontraste	- Dunkelheit - Starker Regen - Nebel - Blendung
	Informationsaufnahme	- Ablenkungen im Fahrzeug	- Bedienung von Geräten - Unterhaltung mit Mitfahrern - Telefonieren - Tiere
		- Ablenkungen im Verkehrsraum	- Plakate, Schaufenster - Personen
		- Ablenkung durch Emotionen / Gedanken	- Verärgerung, Wut - Stress, Zeitdruck - Traurigkeit, Depression - Aufregung
		- Aktivierung zu niedrig	- Müdigkeit - Alkohol, Drogen - Krankheiten, Medikamente
		- Falscher Aufmerksamkeitsfokus	- Auf dritte Fahrzeuge - Auf Hinweisschilder und LZA
	Informationsverarbeitung	- Falsche Erwartung bzgl. des Unfallortes oder des Verhaltens anderer VT aufgrund von fehlerhaften Annahmen	- Kommunikationsfehler - Mangelnde Fahrerfahrung - Fehlende Ortskenntnis - Falsches Vertrauen aufgrund von Gewohnheiten
		- Fehleinschätzung Geschwindigkeit / Distanz anderer Fahrzeuge	- Distanz zu anderen VT - Geschwindigkeit anderer VT
		- Fehleinschätzungen bezüglich des eigenen Fahrzeugs	- Geschwindigkeit - Fahrzeugverhalten
	Zielsetzung	- Entscheidungsfehler	- Ausweichen bei Kleinwild
		- Bewusste Regelverstöße	- Missachtung Stopp-Schild / rote Ampel - Überhöhte Geschwindigkeit
	Handlung	- Verwechslungsfehler und Bedienfehler	- Pedalerie - Schaltung
		- Reaktionsfehler	- Verreißen des Lenkrads

AARU, VW & GIDAS [4]

4. Verteilung der Fehlerarten - Ergebnisse der AARU

Die modifizierte Fehleranalyse wurde retrospektiv für die durch die AARU aufgenommenen Verkehrsunfälle aus den Jahren 2005 - 2007 (n = 287) durchgeführt. Die Ergebnisse werden in der folgenden Abbildung 4 dargestellt:

Abbildung 4: Ergebnis der modifizierten Fehleranalyse nach Rasmussen (Fehlerklassifikation der Pre Crash Phase nach der 5-Step Methode)



Informationszugang:

Wie der Abbildung 4 zu entnehmen ist, liegt der Anteil eines erschwerten Informationszugangs auf eine für die Verkehrssituation relevante Information bei knapp 20 %. Das heißt, der Fahrer wurde in seiner Sicht unmittelbar vor dem Unfallereignis eingeschränkt. Die Analyse auf der zweiten Ebene (vgl. Abbildung 3, Kap. 3.3) ergab, dass mit 52 % der Grund für eine Sichteinschränkung bei fahrzeugexternen Objekten wie Gebäude, Bepflanzung und parkenden oder stehende Fahrzeuge liegt. 41 % der Sichteinschränkung beruhen auf Informationsmaskierungen auf Grund von Dunkelheit oder Blendung sowie Witterungseinflüsse wie starker Regen / Nebel. Die übrigen 7 % verteilen sich auf die restlichen Einflusskriterien.

Informationsaufnahme:

Der Anteil der fehlerhaften Informationsaufnahme während der Unfallentstehung liegt mit 37 % deutlich vor allen anderen wahrnehmungs- und handlungsbasierten Fehlerkategorien. Das heißt, der Fahrer wurde bei seiner Wahrnehmung der Verkehrssituation gestört, jedoch nicht auf Grund von Sichteinschränkungen (>> siehe Informationszugang). Die Analyse auf der zweiten Ebene ergab bei dieser Fehlerkategorie drei Haupteinflusskriterien:

- Ablenkung im Fahrzeug: 22 %
- Aktivierung zu niedrig: 27 %
- Falscher Aufmerksamkeitsfokus: 22 %

Informationsverarbeitung:

Der Anteil der fehlerhaften Informationsverarbeitung während der Pre-Crash-Phase liegt bei 20 %. Die Analyse auf der zweiten Ebene zeigt, dass die Top-down gesteuerten Wahrnehmungsprozesse (Erwartungen bzgl. des Unfallortes auf Grund von falschem Vertrauen oder die Einschätzung bzgl. des eigenen Fahrzeuges) mit 38 % bzw. 46 % bei der Kategorie Informationsverarbeitung dominieren.

Zielsetzung:

Der Anteil der fehlerhaften Zielsetzung als Unfallursache liegt bei knapp 20 %. Etwa zwei Drittel der Zielsetzungsfehler stellen die bewussten Regelverstöße (zweite Ebene). Betrachtet man die bewussten Regelverstöße in der dritten Ebene bilden Geschwindigkeitsdelikte mit 39 % den größten Anteil.

Handlung:

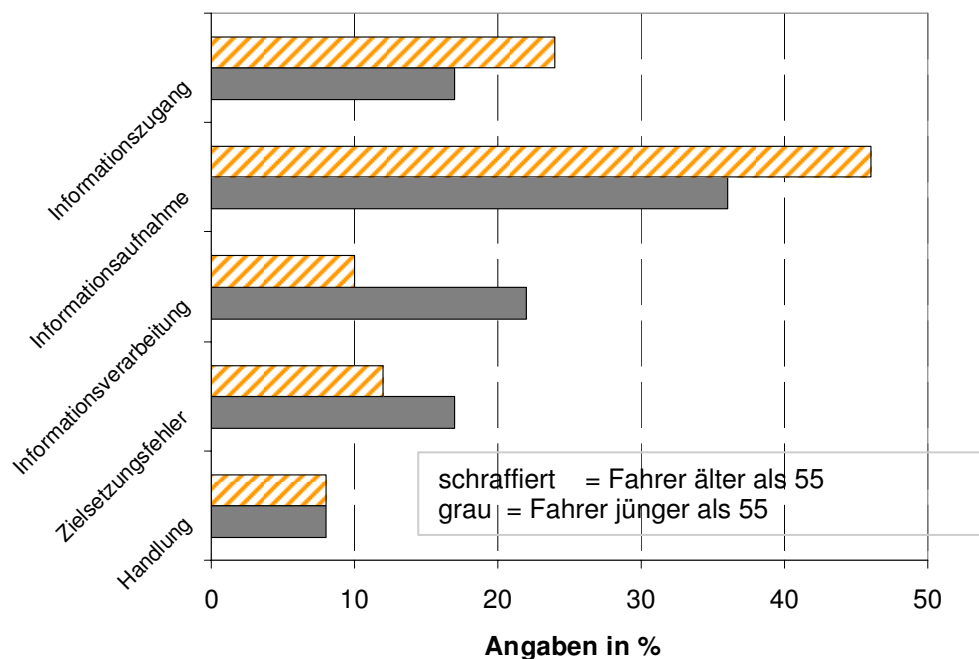
Der Anteil der fehlerhaften Handlungsausführungen zur Zielerreichung liegt bei 8 %. Eine Analyse der zweiten Ebene ergab, dass der Anteil der Reaktionsfehler mit 81 % deutlich über dem Verwechslungs- und Bedienfehler liegt.

4.1. Vergleich unterschiedlicher Alterspopulationen

Um Aussagen über einen möglichen Nutzen von adaptiven FAS, also Fahrerassistenzsysteme, die sich an dem jeweiligen Fahrer anpassen, zu erhalten, müssen eventuelle spezifische Potentiale der jeweiligen Nutzergruppe vorliegen. So liegt es im ersten Ansatz nahe, die Fahrerpopulationen nach dem Alter zu differenzieren. Eine Auswertung der bundesdeutschen Unfalldaten zeigt auf, dass das Unfallrisiko älterer Fahrzeugführer insbesondere in Kreuzungs- und Einbiegesituationen bereits ab einem Alter von 55 Jahren nachgewiesen werden kann.

Daher erschien eine Auswertung getrennt nach Alter der Verkehrsunfall-Verursacher sinnvoll. Folgende Abbildung zeigt das Ergebnis, getrennt nach Altersklassen:

Abbildung 5: Ergebnis der modifizierten Fehleranalyse nach Rasmussen getrennt nach Alter der fahrzeugführenden Verkehrsunfall-Verursacher:



Das Ergebnis zeigt, dass Fahrer über 55 Jahre eher durch den Informationszugang und bei der Informationsaufnahme beeinträchtigt sind, während die Einschätzung von vorhandenen Informationen scheinbar besser gelingt, als dies bei jüngeren Fahrern der Fall ist. Fehler auf der Handlungsebene weisen keinen Unterschied auf.

Ein Blick auf die zweite Ebene verdeutlicht, warum Verkehrsteilnehmer über 55 Jahre eher Schwierigkeiten bei der Informationsaufnahme haben. Es entfällt der Hauptanteil in dieser Kategorie bei den Fahrzeugführern über 55 Jahre auf den Bereich des falschen Aufmerksamkeitsfokus. Also das Beobachten von Verkehrsteilnehmern, die nicht unmittelbar für die Verkehrssituation relevant sind. Dies könnte die Folge einer erhöhten Ablenkbarkeit im Alter im Vergleich zu jüngeren Fahrern sein. Auch das Resultat der vermehrten Verwicklung älterer Fahrzeugführer in Kreuzungsunfälle, kann mit dem „Übersehen“ auf Grund falscher Aufmerksamkeitsverteilung erklärt werden, da an Kreuzungen eine Ablenkung ungleich höher einzustufen ist, als dies auf gerader Strecke ohne Einmündung der Fall wäre. Bei den Fahrzeugführern unter 55 Jahre ist in dieser Kategorie Müdigkeit und Alkohol mit 24 % der Haupteinflussfaktor für die reduzierte Informationsaufnahme.

Die Einflussfaktoren, die zu einer fehlerhaften Informationsverarbeitung führen, unterscheiden sich in beiden Altersgruppen deutlich. Fahrer über 55 Jahre haben eher Schwierigkeiten Entfernungen und Geschwindigkeiten zu schätzen (33 %), als dies bei den unter 55 jährigen der Fall ist (15 %). Demgegenüber spielen bei den über 55 jährigen falsche Erwartungen im Bereich der Informationsverarbeitung eine geringere Rolle im Unfallgeschehen (17 % vs. 40 %).

Betrachtet man die dritte Ebene, scheint sich die Hypothese zu bestätigen, dass ältere Menschen vermehrt auf Kompensationsstrategien zurückgreifen, da zum Beispiel die Fehlerursache „Fehlerhafte Informationsaufnahme auf Grund von Zeitdruck“ in dem Sample der AARU Unfälle nicht nachgewiesen werden.

5. Unfallbeispiel aus der AARU Unfallanalyse

Zum Sachverhalt ein Auszug aus der Verkehrsunfallanzeige:

„Beim Linksabbiegen übersah 01 (Unfallverursacher) den entgegenkommenden Pkw von 02 und missachtete dessen Vorrang. Er stieß mit seinem Pkw frontal gegen den Pkw des 02 links vorne. Der Pkw von 01 kam nach dem Zusammenstoß im Einmündungsbereich, fast entgegen seiner ursprünglichen Fahrtrichtung zum Stehen. 02 kam mit seinem Pkw im Einmündungsbereich rechts neben seinem Fahrstreifen zum Stehen. Beide Pkw Fahrer fuhren in die durch Lichtzeichenanlage geregelten Einmündung bei Grünlicht ein.“

Die Unfallstelle ist, wie die Abbildung 6 zeigt, übersichtlich strukturiert. Fahrbahnmarkierungen, LZA und entgegenkommender Verkehr sind gut zu erkennen. Dennoch häufen sich an dieser Stelle die Unfallzahlen beim Linksabbiegen (im Jahr 2007 11 Unfälle mit gleichem Unfallverlauf). Dies hat mehrere Ursachen. Zum einen werden die Fahrer auf Grund einer Verkehrsinsel zum nahezu rechtwinkligen Abbiegen gezwungen. Dies verkürzt die Wegstrecke zum entgegenkommenden Verkehr und begünstigt ein Unterschätzen der Distanz.

Die Hauptunfallursache an diesem Ort liegt allerdings, wie die Befragung der Unfallbeteiligten ergab, in der fehlerhaften Aufmerksamkeitsverteilung der links abbiegenden Fahrer, da die zahlreichen aus Richtung von 02 kommenden Rechtsabbieger den Aufmerksamkeitsfokus des Linksabbiegers auf sich ziehen. Verstärkt wird der Aufmerksamkeitsfokus auf die Linksabbieger, da unmittelbar nach der Kreuzungssituation ein Konfliktpunkt im Einmündungsbereich mit diesen naht.

Der Wunsch, die Fahrabsicht („Bremsbereitschaft“) des Rechtsabbiegers im weiteren Verlauf richtig zu interpretieren, führt zu einer vernachlässigenden Beobachtung des kreuzenden Gegenverkehrs, zumal dieser in seiner Bewegung sich nicht deutlich genug von der Dynamik der Rechtsabbieger unterscheiden kann. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit eines „Übersehens“ des Gegenverkehrs seitens des Linksabbiegers erhöht. Dieser Effekt wird durch den hohen Anteil der Rechtsabbieger im Vergleich zu den geradeausfahrenden Verkehrsteilnehmern verstärkt.



Abbildung 6: Unfallstelle

Im Rahmen der bisherigen Fehleranalyse nach Rasmussen wurde als Unfallursache bei diesen Unfällen der Informationsfehler als Ursache festgelegt. Die nun modifizierte 5-stufige und auf 3-Ebenen ausgelegte Fehlerklassifikation bietet die Möglichkeit mehr Details über den Informationsfehler zu bestimmen. Die Unfallursachenanalyse in diesem Fall ergibt eine beeinträchtigte Informationsaufnahme seitens 01 (1. Ebene) auf Grund der falschen Aufmerksamkeitsverteilung (2. Ebene) hin zu den Rechtsabbiegern (3. Ebene: „Fokus auf dritte Fahrzeuge“).

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Analysen der Fehlerklassifikation der Pre Crash Phase nach der 5-Step Methode, welche in Kooperation mit GIDAS und der Volkswagen Unfallforschung unter anderen auf Basis der Fehleranalyse nach Rasmussen entwickelt wurde, zeigen, dass genauere Erkenntnisse über die Unfallursache „menschliches Fehlverhalten“ gewonnen werden können.

Anhand eines Samples von $n = 287$ Unfällen konnte mit Hilfe der modifizierten Fehleranalyse dargestellt werden, dass alterspezifische Unterschiede sowohl bei der Verteilung von Fehlerarten im Informationsverarbeitungsprozess, als auch bei den dafür verantwortlichen Einflussfaktoren bestehen. Die Ergebnisse lassen zudem vermuten, dass Fahrzeugführer über 55 Jahre mehr Kompensationsstrategien zur Reduzierung von Unfallrisiken anwenden (z.B.: Fehlerhafte Informationsaufnahme auf Grund von Zeitdruck 0 %).

Aussagen im Hinblick auf den Nutzen verschiedener Fahrerassistenzsysteme bezogen auf unterschiedliche Altersgruppen können demnach aus der nun entwickelten Fehlerklassifikation der Pre Crash Phase nach der 5-Step Methode getroffen werden. So ist das Zusammenwirken einer erhöhten Ablenkbarkeit während der Informationsaufnahme und die häufigere Anzahl von Fehleinschätzungen der Distanz und Geschwindigkeit kreuzender Fahrzeuge ein Hinweis darauf, dass Fahrzeugführer über 55 Jahre von einem Abbiegeassistenten besonders profitieren könnten. So könnte die Einstellungen für ein solches System vom Alter abhängig gemacht werden, um dem Fahrer selbst die Möglichkeit zu geben, eine für ihn sinnvolle Warnstufe zu wählen.

Darüber hinaus zeigt die Analyse, dass Fahrzeuge, die in der Lage wären, für den menschlichen Organismus vorhandene Sichtverdeckungen mittels technischer Lösungen zu umgehen, einen bedeutsamen Beitrag zur Reduzierung der Unfallgefahr darstellen könnten.

Inwieweit Fahrzeuge eines Tages in der Lage sein können, menschliche Top-Down gesteuerte Prozesse zu unterbrechen, um der Situation angepasste Fahrverhaltensweisen seitens des Fahrers zu erzielen, Realität werden, bleibt offen. Eine objektive Reibwerterkennung bei z.B. starkem Regen wäre eine Möglichkeit fehlerhafte Annahmen des Fahrzeugführers auf Grund von falschem erfahrungsbasierten Vertrauen zu korrigieren. Diese Hilfestellung würde insbesondere jüngere Fahrer vor z. B. Unfällen infolge von Aquaplaning schützen.

Es bleibt der Hinweis, dass für tiefgehende und statistisch relevante Aussagen zu Fehlerursachen unter dem Aspekt des demographischen Wandels und folgend auf die Systemauslegung adaptiver Fahrerassistenzsysteme größere Fallzahlen erforderlich sind. Dies wird durch die GIDAS Unfalldatenerhebung, welche ab Januar 2008 die nun entwickelte Fehlerklassifikation der Pre Crash Phase nach der 5-Step Methode anwendet, gewährleistet sein.

6. Summary and outlook

The first analyses of the pre-crash phase according to the five-step method developed in cooperation with GIDAS and Volkswagen Accident Research, using error analysis according to Rasmussen as one of its starting points, have shown that more accurate information on 'erroneous human behaviour' as a cause of accidents can be obtained.

With the aid of a sample of $n = 287$ accidents, modified error analysis showed that age-specific differences exist both in the distribution of types of error in information processing and in the influencing factors responsible for this. The results also suggest that drivers over 55 years of age employ more compensation strategies to reduce accident risks (e.g. incorrect intake of information due to pressure of time 0 %).

As a result of the pre-crash phase error classification now developed according to the five-step method, it is possible to draw conclusions regarding the benefits of various driver assistance systems. For example, the correlation between increased distraction potential during information intake and more frequent false estimations of the distance and speed of vehicles crossing the path of the driver's own vehicle are an indication that drivers over 55 years of age in particular could benefit from a turn-off assistance system. The settings used by such a system could be made dependent on the driver's age and thus give the driver an opportunity to select an appropriate warning level.

The analysis also shows that vehicles capable of eliminating by technical means the 'blind spots' from which the human organism suffers could make a worthwhile contribution towards reducing the risk of accidents.

To what extent vehicles will at some future date be able to interrupt human processes under top-down control in order to assure that the driver's road behaviour is in accordance with the situation is a question that remains open. Objective identification of tyre grip, for example in heavy rain, would be a means of correcting false assumptions on the driver's part due to erroneous interpretation of prior experience. Assistance of this kind would help to protect younger drivers in particular from accidents such as those caused by aquaplaning.

It should none the less be noted that a larger number of cases is needed before in-depth, statistically relevant statements can be made regarding causes of error associated with demographic changes, and therefore regarding adaptive driver assistance system settings. This will be assured by the accident data collected by GIDAS, which from January 2008 onwards is using pre-crash phase error classification according to the five-step method that has now been developed.

Literaturverzeichnis:

[1] Undeutsch, U. (1990). Zur Verwertbarkeit und Glaubhaftigkeit von Probandenäußerungen. In: W.-R. Nickel, et al. (Hrsg.) *Bewährtes sichern – Neues Entwickeln*. Köln: VdTÜV.

[2] Rasmussen, J. (1982). Human errors: a taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.

[3] Zimmer, A. (2001). Wie intelligent darf/muss ein Auto sein? Anmerkungen aus ingenieurspsychologischer Sicht. In T. Jürgensohn & K.-P. Timpe (Hrsg.) *Kraftfahrzeugführung*. Berlin: Springer.

[4] Ergebnis der AARU, VW & GIDAS Arbeitsgruppe Aktive Sicherheit: Chiellino, U.; Gail, J.; Hoppe, M.; Jaensch, M.; Liers, H.; Nehmzow, J.; Otte, D.; Pund, B. (2007).

[5] Hörauf U., Buschartd B., Donner E., Graab B., Winkle T. (2006) Analyse von Verkehrsunfällen mit FAS-Potenzialeinschätzung am Beispiel des FAS Lane Departure Warning, TÜV Tagung Aktiver Sicherheit.