

Möglichkeiten und Grenzen von Fahrerassistenz- und Aktiven Sicherheitssystemen

Prof. Dr.-Ing. habil. Raymond Freymann
BMW Group Forschung und Technik

Übersicht

Es wird ein Überblick über die Vielfalt von Fahrerassistenz- und Aktiven Sicherheitssystemen gegeben, ausgehend von den schon in die Serie eingeführten aktiven Fahrwerksregelsystemen über Fahrzeugführungssysteme bis hin zu visionären autonom agierenden Collision Avoidance Systemen. Die Betrachtung fokussiert auf die Leistungsfähigkeit, die Komplexität, den Kundennutzen und die Akzeptanz dieser neuen Technologie.

1. Einleitung

Die Fahrerassistenz ist ein Thema mit langer Tradition im Automobilbau. So können der elektrisch aktivierte Anlasser, die pneumatisch oder elektrische angetriebene Scheibenwischanlage, der Bremskraftverstärker, die Servolenkung und das Automatikgetriebe als Ur-Assistenzsysteme angesehen werden. Verfolgtes Ziel war es dabei immer, die Fahrzeugführungsaufgabe - durch den Entfall von „Maschinentätigkeiten“ - zu erleichtern. Mit der Erschließung des höheren Geschwindigkeitsbereichs bei ständig zunehmender Verkehrsdichte wurde es dann zunehmend wichtiger, konstruktive Maßnahmen am Fahrzeug zu realisieren, welche zur Steigerung der Sicherheit bei der Fahrzeugführung beitragen. Dazu zählen im Fahrwerksbereich z.B. das Ersetzen von Trommelbremsen durch Scheibenbremsen sowie der Ersatz von Starrachskonstruktionen zu Gunsten von unabhängigen Radaufhängungen über Mehrlenker-Fahrwerkssysteme.

Heutzutage ist festzustellen, dass durch die enormen Fortschritte in den Bereichen der Elektronik, Mechatronik, Datenverarbeitung und (wireless) Kommunikation, eine enorme Bandbreite von Assistenzfunktionen im Komfort- und Sicherheitsbereich dargestellt werden kann. Als Beispiel dafür stehen die schon in die Serie eingeführten aktiven Fahrwerksregelsysteme, ausgehend vom Bremsen-Antiblockiersystem (ABS) über die Schlupfregelung (ASC) bis hin zur dynamischen Fahrzeugstabilisierung (DSC). All diese Systeme assistieren den Fahrer in schwierigeren Fahrsituationen.

In eine völlig neue Performance-Dimension gelangt die Assistenz aber durch die direkte Verbindung des Fahrzeugs mit der Fahrumgebung. Auf der Basis einer sensoriiellen Fahrumgebungserfassung mit anschließender rechnerbasierter Situationsinterpretation gelingt es, die Fahrzeugführungsaufgabe in Abhängigkeit der gerade vorliegenden Verkehrssituation zu unterstützen oder gar aktiv zu beeinflussen. Im Folgenden wird auf wesentliche Einsatzbereiche sowie Entwicklungsschritte zur optimalen Nutzbarmachung dieser neuen Technologie

eingegangen. Adressiert wird dabei auch der Themenkomplex der Mensch-Maschine-Interaktion und der Systemakzeptanz. Zusätzlich dazu wird am Rande auf rechtliche Aspekte im Zusammenhang mit der Integration von sogenannten „autonomen Systemen“ eingegangen.

2. Verkehrsleistung und Unfallgeschehen

Ein Blick in die Unfallstatistik der Bundesrepublik Deutschland /1/ verdeutlicht, dass in den letzten 50 Jahren, bei Zunahme der Verkehrsleistung um insgesamt 1280%, die Zahl der Unfälle „nur“ um 480% angestiegen ist und die Verkehrstoten gar um 55% reduziert werden konnten. Die Darstellung in Bild 1 zeigt für die frühen Jahreszahlen den erwarteten und in etwa linearen Zusammenhang zwischen Verkehrsleistung und Unfallgeschehen. Dieser Trend setzt sich dann aber über die Zeit nur in zunehmend abgeschwächter Form fort und erfährt gar eine Umkehrung, d.h. ein Rückgang der Unfallzahlen und Verkehrstoten bei zunehmender Verkehrsleistung, im Bereich der höheren Jahreszahlen. Zurückzuführen ist dieser erfreuliche Zustand auf die im Laufe der Zeit deutlich verbesserte Verkehrsinfrastruktur sowie auf ständig wirksamere aktive und passive Sicherheitsmaßnahmen am Fahrzeug. Trotzdem darf nicht verkannt werden, dass auch noch im Jahre 2002 insgesamt 362054 Unfälle (mit Personenschäden!) registriert wurden, bei denen 6842 Personen ums Leben kamen. Auf die EU und die USA übertragen, ergeben sich für das Jahr 2001 folgende Daten:

EU: ca. 1.5 Mio. Unfälle mit 40000 Verkehrstoten,

USA: ca. 2.0 Mio. Unfälle mit 42000 Verkehrstoten.

Diese Zahlen verdeutlichen die Sinnfälligkeit der von der EU-Kommission eingeleiteten Initiative zur Reduzierung der Unfalltoten um 50% bis zum Jahre 2010 /2/.

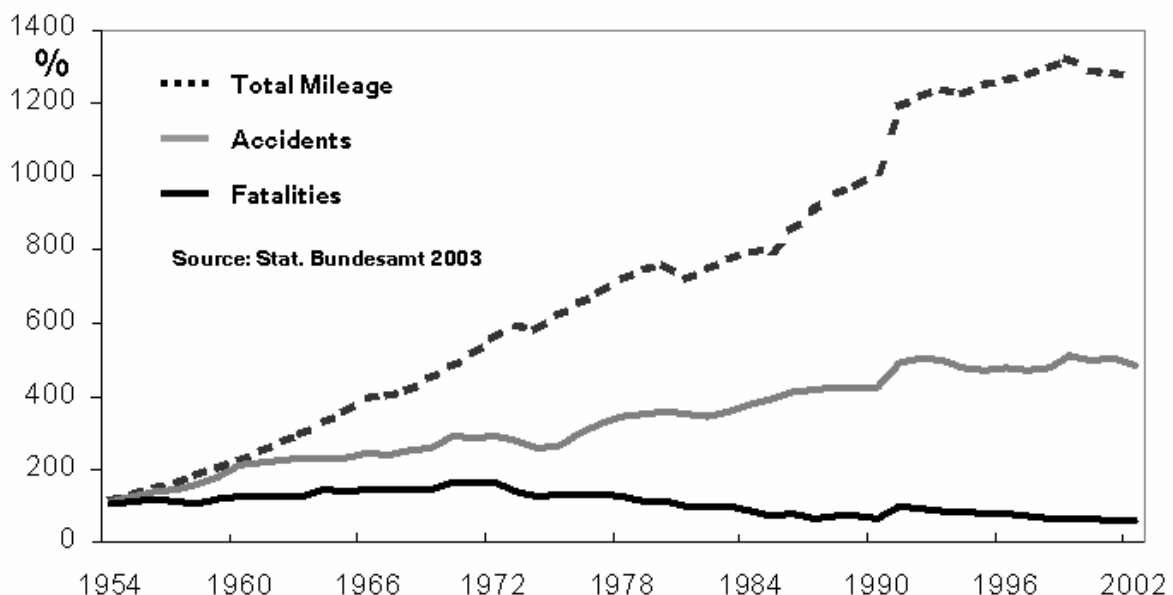


Bild 1: Entwicklung der Verkehrsleistung und der Unfallzahlen in der Bundesrepublik Deutschland

Weiterhin zeigt die Unfallstatistik für die Bundesrepublik, dass 28.5% der Unfälle mit Personenschaden im Kreuzungsbereich geschehen, gefolgt von Auffahr- und

Spurverlassungsunfällen (Bild 2). Fußgänger sind in 9.3% der Unfälle involviert, wobei in diesen Fällen – wegen des gänzlich fehlenden Personenschutzes - die relative Wahrscheinlichkeit einer Schwerverletzung oder Todesfolge am größten ist /3/.

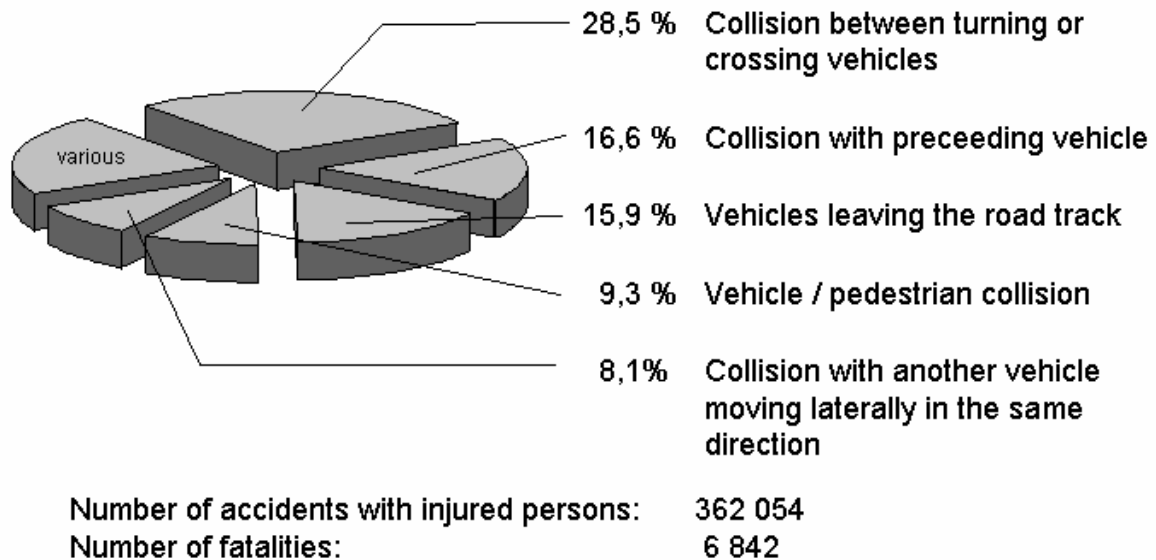


Bild 2: Unfallarten im Straßenverkehr für das Jahr 2002 in der Bundesrepublik Deutschland

Die Bundesanstalt für Straßenwesen bewertet jährlich den aus den Unfällen resultierenden volkswirtschaftlichen Gesamtschaden /4/. Auf der Grundlage dieser Zahlen lässt sich der Nutzen von unfallverhindernden Maßnahmen ermitteln. Das Ergebnis einer derartigen Studie ist in Bild 3 dargestellt. Demnach haben Systeme zur Reduzierung der Schleudergefahr von Fahrzeugen und Systeme zur Sichtverbesserung und Situationserkennung ein sehr hohes Potential zur Unfallvermeidung oder zur Reduzierung der Unfallschwere. Solche – auf einer breiten Basis – abgesicherten Informationen sind für die Fahrzeughersteller von großer Bedeutung, da sich daraus der Handlungsbedarf für künftige Sicherheitsentwicklungen erkennen lässt.

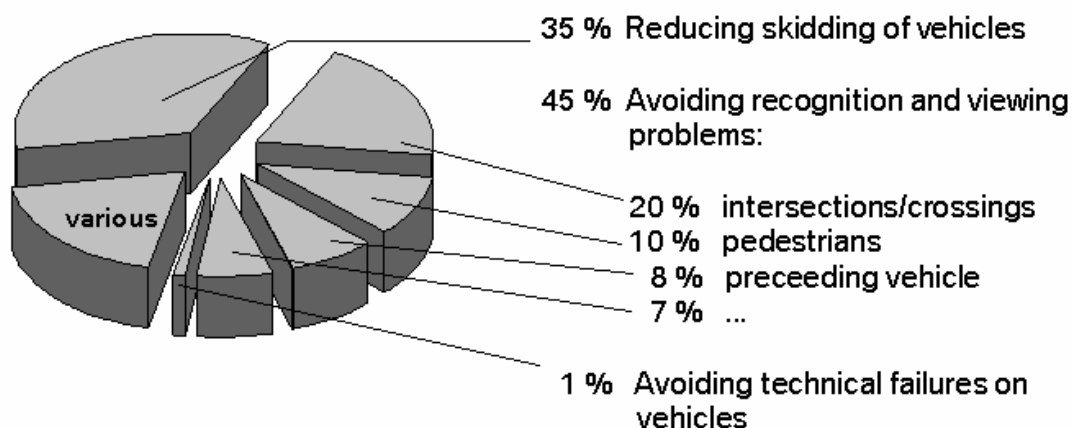


Bild 3: Volkswirtschaftliche Auswirkungen von unfallreduzierenden Maßnahmen

3. Bandbreite der Fahrerassistenz.

Waren die ersten Verkehrssicherheitssysteme auf die jeweils getrennte Optimierung der einzelnen beteiligten Komponenten (Infrastruktur, Fahrzeug, Fahrer) ausgerichtet, so zeigt sich heutzutage, dass das allergrösste Potential zur weiteren Erhöhung der Verkehrssicherheit in der integrierten Optimierung des Gesamtsystems liegen wird /5/. Im Fokus steht dementsprechend künftig das Zusammenspiel oder die Interaktion zwischen Fahrer, Fahrzeug und Fahrumgebung (Bild 4).

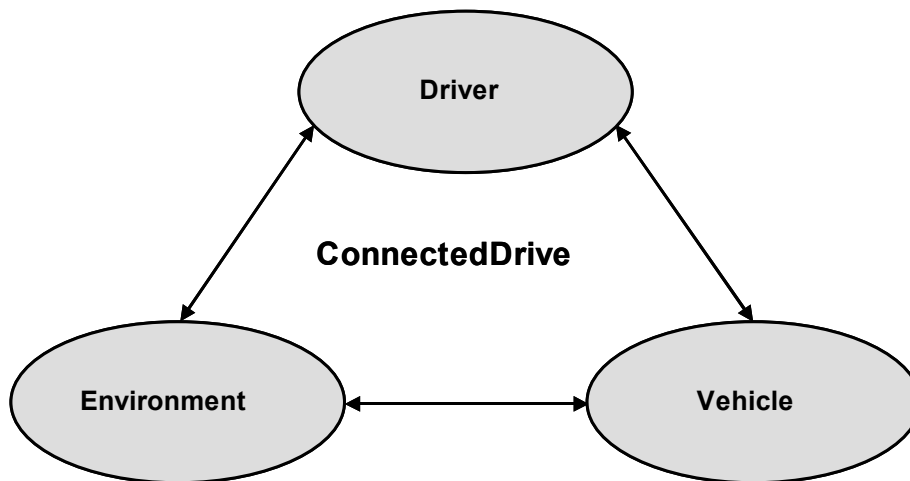


Bild 4: Integrierte Betrachtungsweise einer Unfallvermeidungsstrategie ConnectedDrive-Ansatz /5/

Festzustellen ist, dass seit Ende der 70er-Jahre überwiegend Fahrerassistenzsysteme in die Serie eingeführt wurden, welche den Fahrer temporär bei der Stabilisierung des Fahrzeugs im Grenzbereich unterstützen (Bild 5).

Anti-Lock Braking System	ABS	Parking Assistant	PA
Anti-Skid Control System	ASC	Lane Departure Warning	LDW
Dynamic Stability Control	DSC	Lane Change Warning	LCW
Park Distance Control	PDC	Extended Navigation	XNAVI
GPS-Navigation	NAVI	Ad-Hoc Communication	AHC
Active Cruise Control	ACC	Heading Control	HC
Adaptive Light Control	ALC	Lane Change Assistant	LCA
Brake Force Display	BFD	Emergency Braking	EB
Night Vision	NIVI	Collision Avoidance	CA
ACC Stop & Go	ACC S&G
Intelligent Brake Assistant	IBA

Bild 5: Fahrerassistenz- und Aktive Sicherheitssysteme

Oftmals wird für die entsprechenden Systeme, zu denen z.B. ABS, ASC und DSC gehören, auch die Bezeichnung „Fahrerassistenzsysteme“ verwendet. Im Laufe der Zeit wurde aber auch eine Reihe von sogenannten Komfortsystemen (z.B. ACC, ACC Stop & Go, HC) entwickelt, deren Ziel es ist, den Fahrer mehr oder weniger kontinuierlich bei der Längs- und Querverführungsaufgabe zu unterstützen bzw. zu entlasten. Eine Entlastung bei der Fahrzeugführung können auch sogenannte informative Systeme bewirken. Dazu zählt u.a. die Fahrzeugnavigation über GPS, welche, optisch über Bildschirm und/oder per Sprachausgabe, den Fahrer zu einem vorher definierten Ziel hinführt. Zielsetzung bei den informierenden Systemen ist es u.a., den Fahrer von ablenkenden Nebentätigkeiten (so z.B. dem Nachschlagen im Stadtplan) zu befreien, damit er sich voll auf die Primäraufgabe, die sichere Führung des Fahrzeugs, konzentrieren kann. Informierende Systeme können aber auch warnende Hinweise übermitteln, wie z.B. einen Unfall- oder Stau in einem definierten Streckenbereich.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, welche Vielfältigkeit Fahrerassistenzsysteme aufweisen können. Ihre Bandbreite reicht von rein informativen Systemen bis hin zu Regelsystemen mit direktem und schnellem Eingriff in die Fahrzeugdynamik. Dabei zeigt die Klassierung nach Bild 6, dass informative Systeme vor allem der Fahrerentlastung bzw. Komfortsteigerung und Systeme mit schnellem aktiven Eingriff (High Response) primär der Fahrsicherheit dienen. Zwischen diesen beiden Extremen befindet sich eine ganze Anzahl von „sowohl als auch“-Systemen, welche zwar in die Fahrzeugführung eingreifen, jedoch aufgrund ihrer langsamen Reaktion (Low Response) auch als „informativ warnend“ charakterisiert werden können. Da der Übergang von einem Low Response Komfortsystem zu einem High Response Sicherheitssystem durchaus fließend sein kann, ist die eindeutige Einordnung von Einzelsystemen im Bild nur bedingt möglich. So wäre z.B. ein ACC /6/ mit einer maximalen Verzögerungswirkung von 0.4 g als Low Response, ein ähnliches System mit Verzögerungen bis hin zu 1g aber als High Response einzustufen.

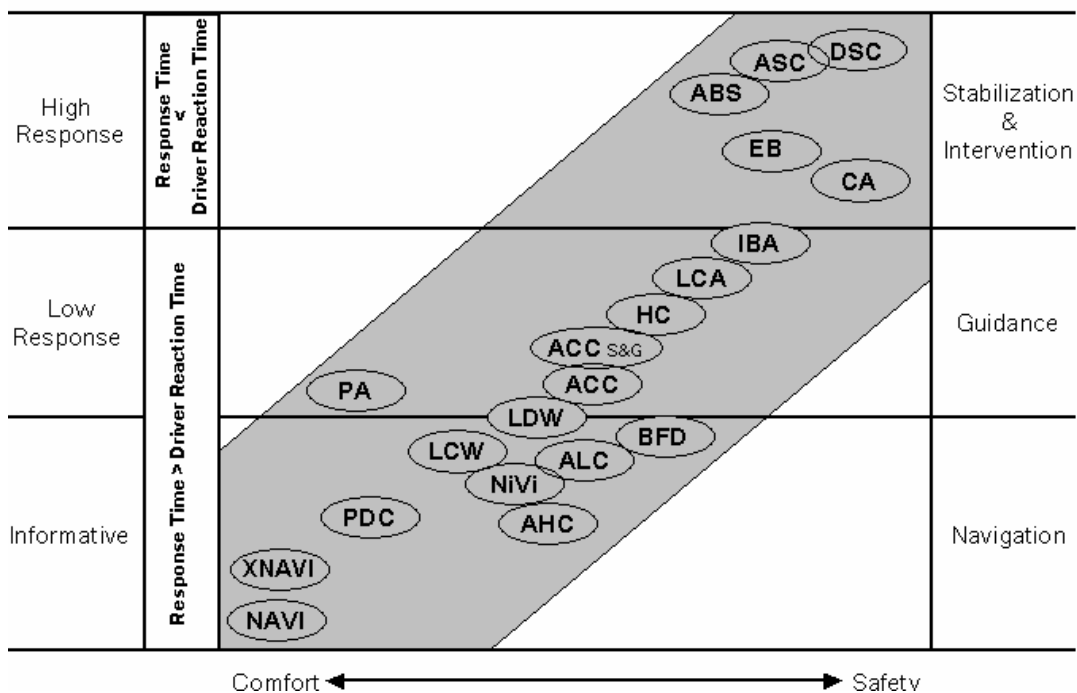


Bild 6: Klassierung von Fahrerassistenz- und Aktiven Sicherheitssystemen

Die Berücksichtigung all dieser Aspekte verdeutlicht die Sinnfälligkeit der Zuordnung von Assistenzsystemen in dem „3-Ebenen-Modell“ nach Bild 6 mit den Ebenen-Bezeichnungen Information, Low Response und High Response, oder, bezogen auf die funktionalen Inhalte, mit der Ebenen-Kennzeichnung Navigation, Fahrzeugführung, Stabilisierung und Intervention.

Auffällig ist auch, dass bisher in die Serie eingeführte High Response Systeme dadurch gekennzeichnet sind, dass deren funktionssicherstellende Sensorik ausschließlich auf der Bestimmung von Fahrzeugzustandsgrößen beruht. Alle Regelkreisgrößen sind „fahrzeuggebunden“! Damit gelingt es, auch komplexe Regelsysteme, wie z.B. DSC /7/, mit einer enormen Zuverlässigkeit zu realisieren. Der laufende Abgleich zwischen Fahrereingabe (Lenkwinkel, Gaspedalbewegung, Bremsdruckaufbau) und Fahrzeugzustandsgrößen (Querbewegung, Gierrate) sowie deren Plausibilisierung über ein Fahrdynamikmodell ermöglicht die gezielte Initiierung fahrzeugstabilisierender Aktionen (differentieller Bremsen- und Antriebsmomenteingriff) im Grenzbereich (Bild 7). Viel schwieriger wird demgegenüber die Realisierung von autonomen Eingriffen sein, wie sie für Collision Avoidance Systeme erforderlich sind. Einganggröße dafür bildet u.a. die sensorielle Fahrzeugumgebungserfassung. Ausgehend vom aktuellen Stand der Technik werden zur Darstellung einer allzeit verfügbaren hochzuverlässigen Umgebungserfassung in realen Fahrsituationen noch deutliche Entwicklungsschritte erforderlich sein.

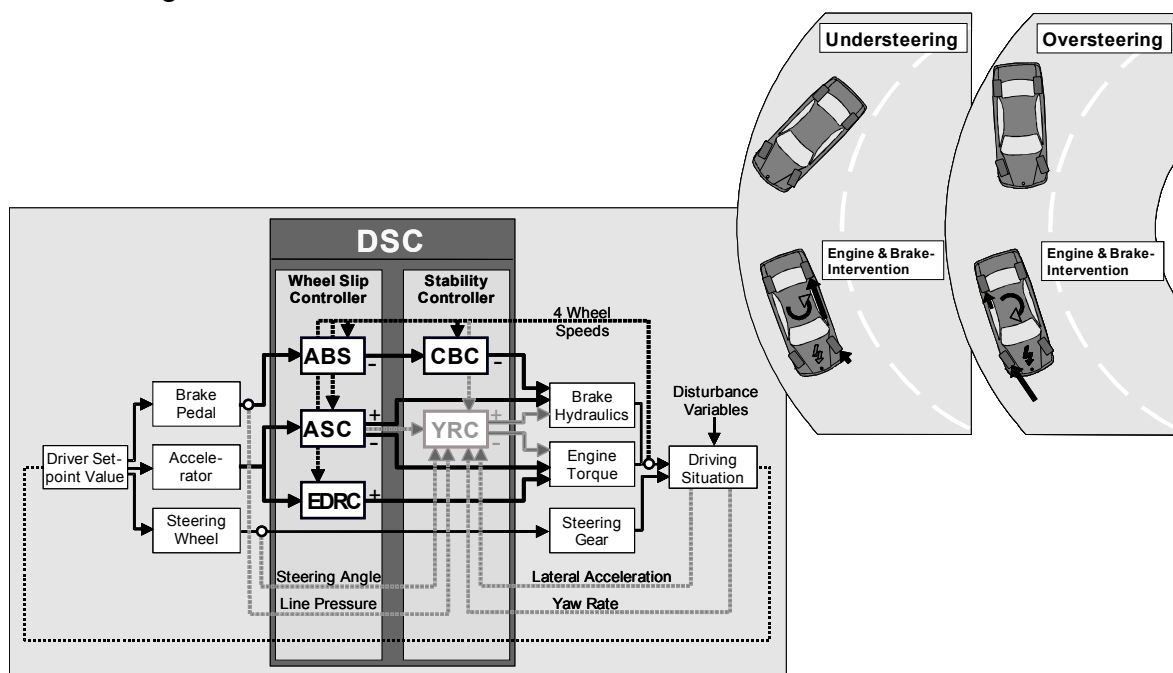


Bild 7: Aufbau und Wirkungsweise eines Systems zur Dynamischen Fahrzeugstabilisierung (DSC)

4. Entwicklungstrends im Fahrerassistenzbereich.

Die mittelfristige Roadmap für Fahrerassistenzfunktionen ist zumindest aus technischer Sicht relativ klar für den Komfortbereich definiert. Nicht so griffig ist demgegenüber das Einsatzszenario von Assistenzfunktionen zur Erhöhung der Aktiven Sicherheit. Dieses Thema ist, wie in Abschnitt 4.2 gezeigt werden wird,

bezüglich seines Gesamtumfangs deutlich vielschichtiger. Daraus resultiert dann auch eine große Bandbreite von Entwicklungsmöglichkeiten.

4.1 Komfortbereich

Im Komfortbereich sind zwei starke Trends zu erkennen: Erstens, der verstärkte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken zur besseren Vernetzung des Fahrers mit dem Fahrzeug und der gesamten Verkehrsinfrastruktur. Zweitens, die Erweiterung der Systeme auf der Führungsebene zur Unterstützung des Fahrers bei der Primäraufgabe.

Zu Punkt 1 wird eine deutliche Verbesserung der Navigationsinformation gehören. Das Navigationskartenmaterial wird u.a. durch die Beinhaltung von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf definierten Streckenabschnitten, die Aufführung von Straßenschilderhinweisen sowie die Anzeige gefährlicher Kurven und Steigungen eine zunehmende Detaillierung erfahren. Absehbar ist auch, dass das derzeit auf einer CD gespeicherte „statische“ Kartenmaterial künftig dynamisch von einem Zentralserver abgerufen werden wird.

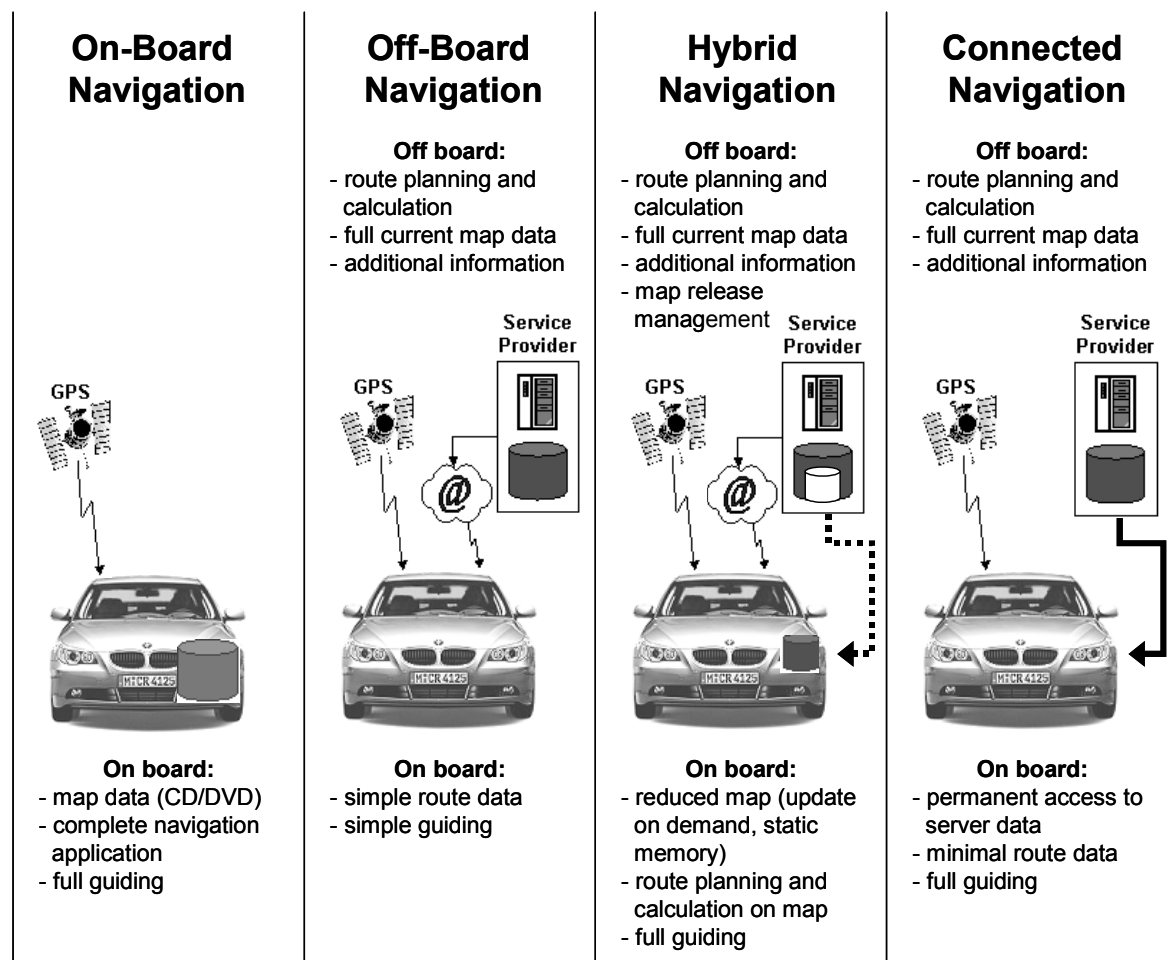


Bild 8: Verschiedene Möglichkeiten einer Fahrzeugnavigation

Damit wird vor jedem Reiseantritt eine aktuelle Fahrrouneninformation zur Verfügung stehen, die auch tagesaktuelle Hinweise zur Baustellensituation, zu wahrscheinlichen Stautreckenabschnitten und zu Straßensperrungen mit den

entsprechenden Umleitungen beinhaltet. Je nach Systemausführung spricht man in diesem Fall von einer „Off-Board-“ oder „Hybrid-“ Navigation (Bild 8). Wird ein solches Szenario zu Ende gedacht, so könnte die Navigation der Zukunft auch volldynamisch über die sich derzeit in Entwicklung befindenden Kommunikationssysteme (auf WLAN-Technik) realisiert werden. Durch die direkte hochdynamische breitband-wireless Verbindung vom Fahrzeug zu einem zentralen Navigationsserver, durch Ad-Hoc Kommunikation zu Verkehrszeichen, Stadtportalen und nicht zuletzt über direkten Fahrzeug-Fahrzeug-Informationsaustausch könnte quasi-online eine detaillierte real-time Übersicht zum aktuellen Verkehrsgeschehen gewonnen werden (ConnectedNavigation).

Punkt 2 wird auf die konsequente Erweiterung der Technologie im Bereich der Fahrzeugführung fokussieren. Nach der Integration von Unterstützungsmaßnahmen in der Längsführung (ACC) wird die Querführungsaufgabe (HC) in Angriff genommen werden (Bild 9). Dabei stellt die reglerunterstützte Querführung /8/ – im Vergleich zur Längsführung – eine größere Herausforderung dar. Die Systemreaktionszeiten sind in diesem Fall deutlich kürzer und die Situationserfassung (Fahrspurerkennung) gestaltet sich im realen Fahrbetrieb wesentlich schwieriger als die „Abstands- und Relativgeschwindigkeitsmessung“ beim ACC. Gelingt die Darstellung einer guten HC Performance, so können in einem weiteren Schritt, durch Fusion von ACC und HC, eine Führungsassistenz mit insgesamt deutlich höherer Qualität realisiert werden und auch weitere Funktionen, wie z.B. die Spurwechselassistentz /9/, dargestellt werden.

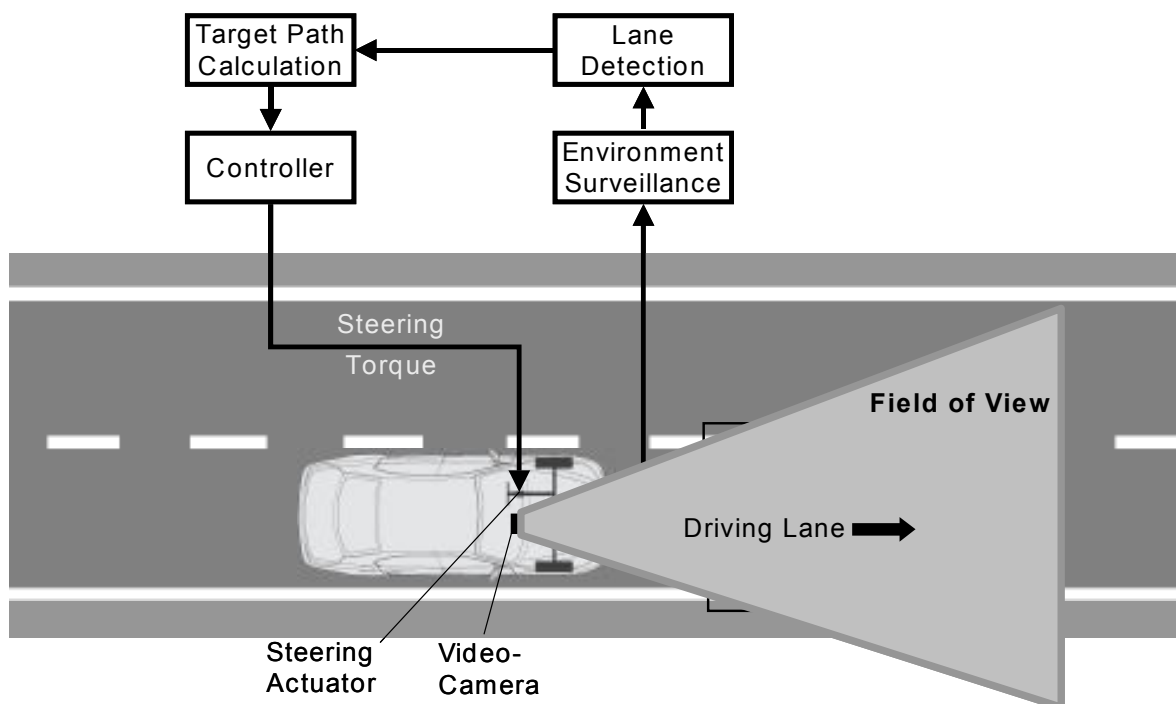


Bild 9: Querführungs-Assistenzsystem (HC)

Weitere zu Punkt 2 zählende Assistenzmaßnahmen werden den Fahrer bei eher lästigen Aufgaben im unteren Geschwindigkeitsbereich unterstützen. Dazu zählt ACC Stop & Go, ein Assistenzsystem zur Längsführung des Fahrzeugs auch im niedrigen Geschwindigkeitsbereich bis hin zum Fahrzeugstillstand. Wie aus Bild 10 zu erkennen ist, wird dabei – im Vergleich zum aktuellen ACC - eine wesentlich

leistungsfähigere Sensorik zum Erfassen der Verkehrssituation in einem breiten Nahfeld vor dem Fahrzeug eingesetzt werden.

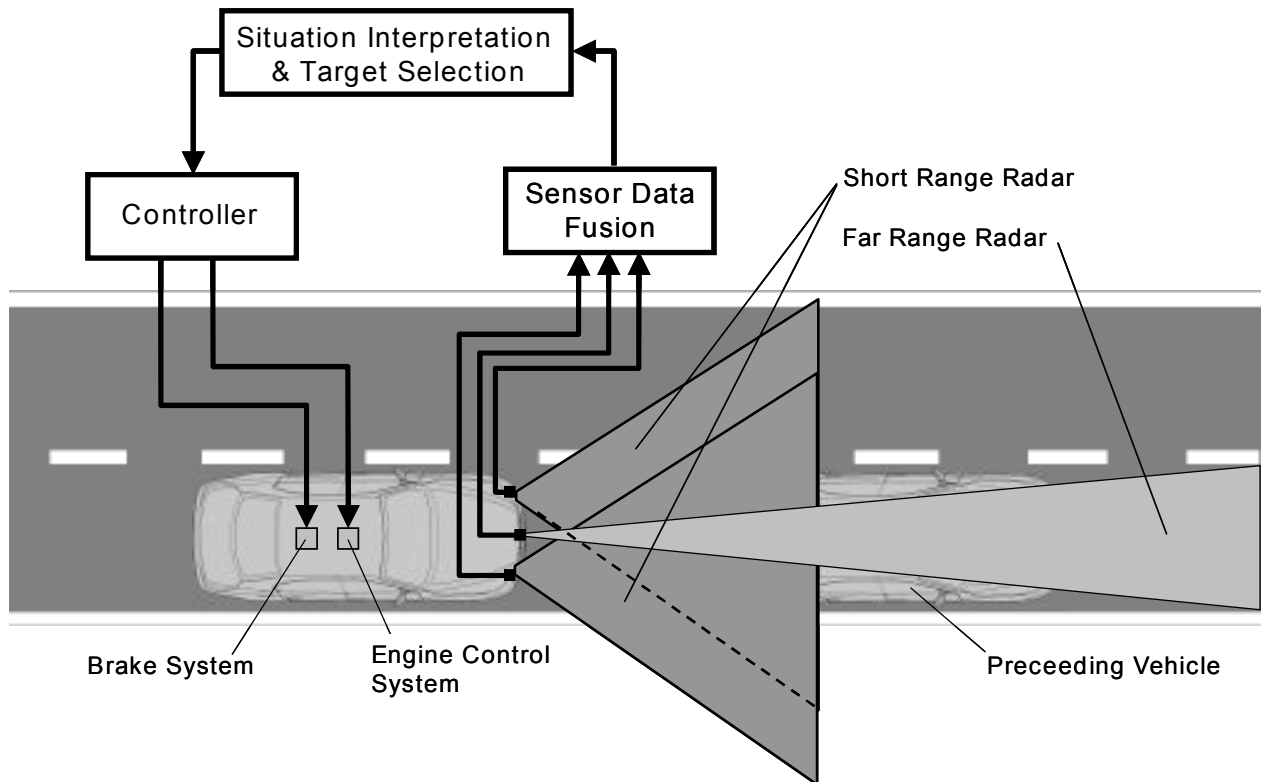


Bild 10: ACC-Stop and Go Assistenzsystem (ACC S&G)

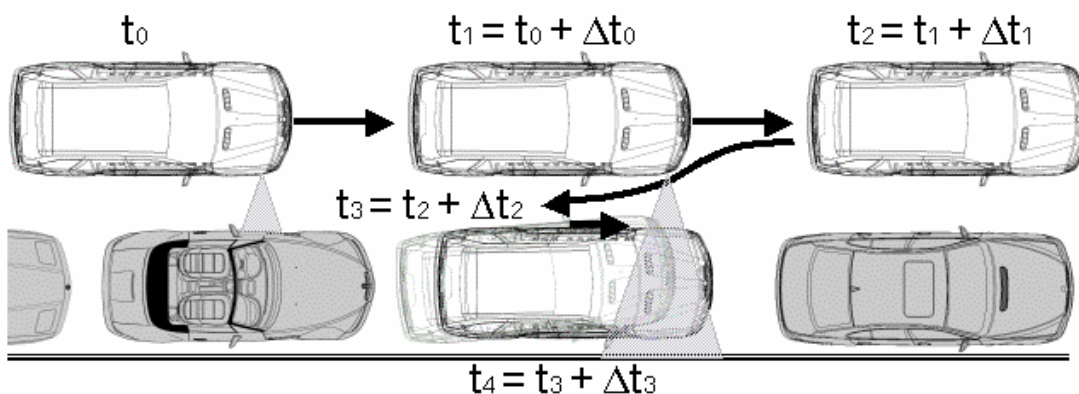
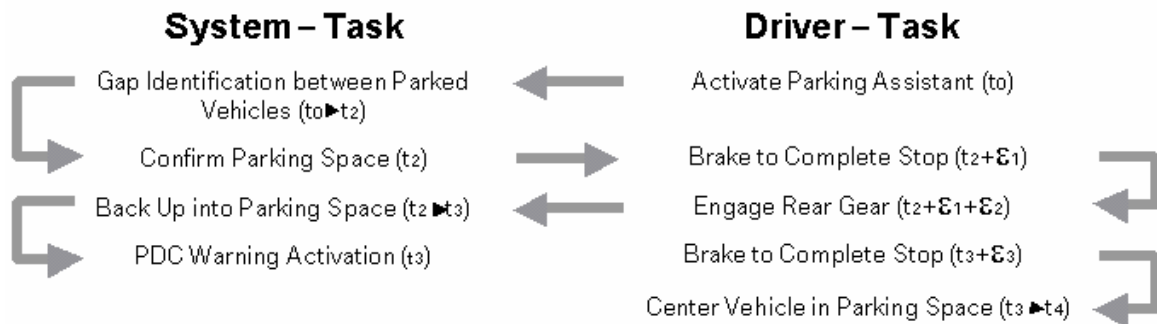


Bild 11: Parkassistent (PA)

Auch Parkassistenten, welche das Einparken in Parklücken unterstützen, werden die Assistenzfunktionen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich erweitern. Clou des in /10/ beschriebenen Systems ist, dass – über eine ausgefeilte Sensorik - bei der Vorbeifahrt des Fahrzeugs an einer Parklücke die Lückengröße bestimmt wird. Bei positiver Entscheidung (Fahrzeug passt in die Lücke!) wird dann das Fahrzeug vollautomatisch rückwärts in den identifizierten Parkraum eingelenkt (Bild 11).

4.2 Aktive Sicherheit

Streng genommen gilt, dass jedes sich im Straßenverkehr befindende Fahrzeug andauernd einer latenten Unfallgefahr ausgesetzt ist. Ziel muss es sein, im Zuge eines integrierten Ansatzes, entsprechend Bild 4, durch eine sicherheitstechnische Gesamtoptimierung der beteiligten Komponenten Fahrer, Fahrzeug und Fahrumgebung, das Unfallrisiko zu minimieren und, wenn gegebenenfalls nicht vermeidbar, die jeweilige Unfallschwere zu reduzieren.

Ein Blick auf die in Bild 12 dargestellten zeitlichen Sequenzen eines Unfalls (Crashes) /11/ weist auf folgende Zusammenhänge hin:

- Bevor das Fahrzeug in eine Konfliktsituation gerät, befindet es sich i.a. über einen (sehr) langen Zeitraum in einer völlig unkritischen Fahrsituation, die hier als Fahrphase (Driving Phase) bezeichnet wird.
- Tritt eine kritische Situation ein, dann müssen Aktionen zur Unfallvermeidung (Collision Avoidance) in der Interventionsphase und zur Unfallvorbereitung (Collision Mitigation) in der Pre-Crash Phase sehr schnell erfolgen, im Extremfall durch aktive autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung.

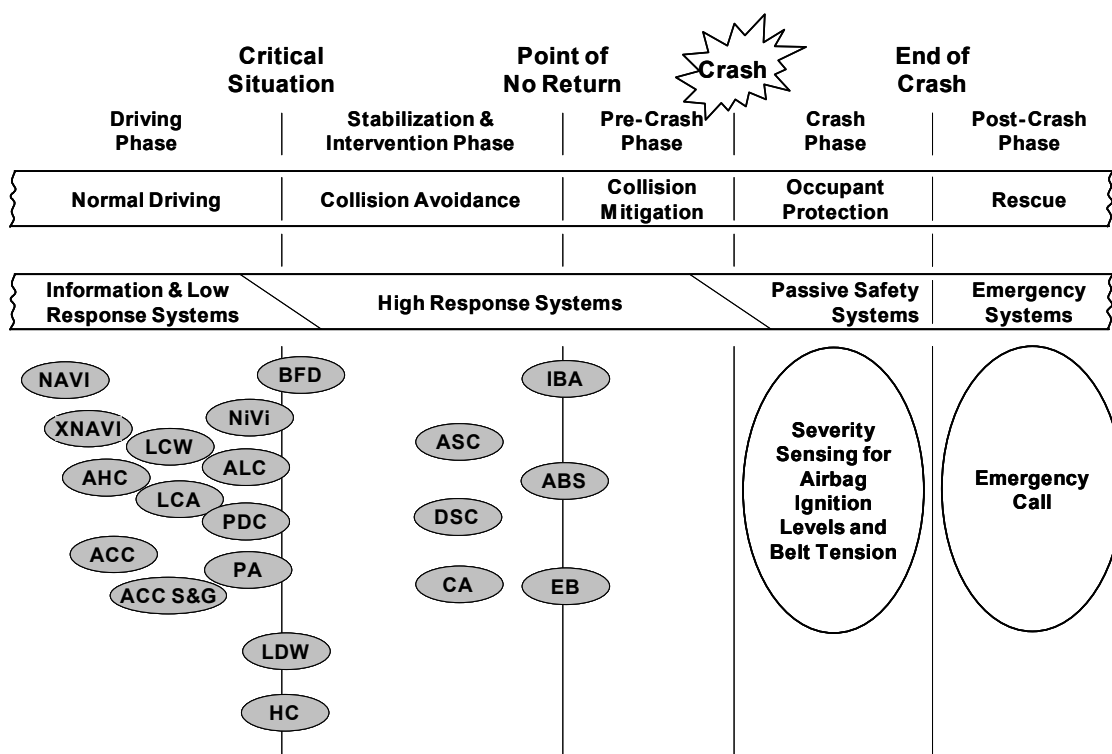


Bild 12: Zuordnung von Assistenz- und Aktiven Sicherheitssystemen zur Unfallsequenz

Punkt b) verdeutlicht die Brisanz einer Unfallvermeidung in der Interventionsphase. Sie beinhaltet de facto die Wegnahme der Verantwortung vom Fahrer und deren Übertragung an ein Regelsystem! Es versteht sich von selbst, dass eine solche Entscheidung, sollte sie rechtlich überhaupt akzeptiert werden /12/, eine allerhöchste Zuverlässigkeit der eingesetzten Technik erfordert. Entsprechend der Darstellung in Bild 13 sind Voraussetzung dafür die zuverlässige Fahrumgebungserfassung und eindeutige Situationsinterpretation in realen Fahrsituationen. Fakt ist jedoch, dass diese Technik auf absehbare Zeit nicht zur Verfügung stehen wird und damit autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung derzeit noch in den „Bereich der Visionen“ gehören.

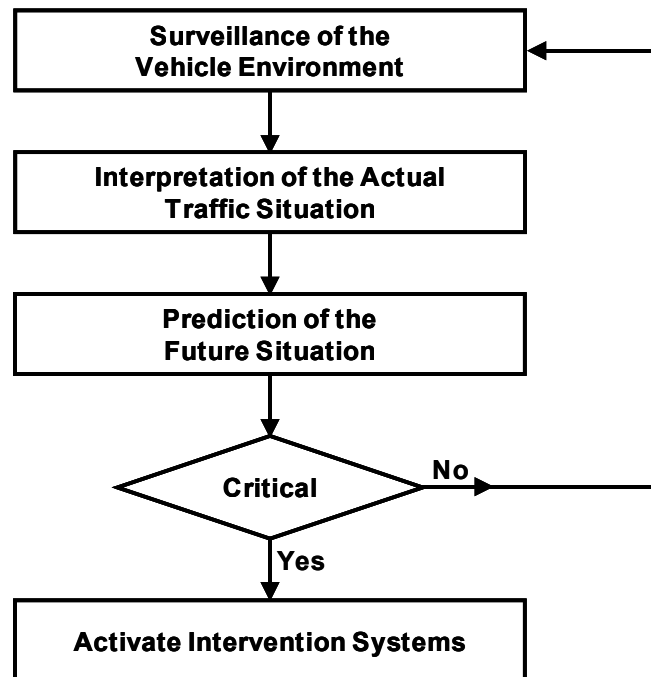


Bild 13: Entscheidungsablauf zur Aktivierung von autonomen Interventionssystemen

Demgegenüber werden den Fahrer unterstützende Systeme zur Unfallvermeidung beim Eintreten einer kritischen Situation sehr wohl in absehbarer Zeit zum Einsatz kommen. Als Beispiel dafür sei hier auf den intelligenten Bremsassistenten (IBA) hingewiesen /13/. Grundlage von IBA ist das schon in Serie eingeführte ACC-System mit zusätzlich erweiterter Nahbereichssensorik. Aus der Differenzgeschwindigkeit zwischen einem vorherfahrenden Fahrzeug (oder einem sich vor dem Fahrzeug befindenden Hindernis) wird laufend der in der Bremsanlage aufzubauende Druck berechnet, welcher erforderlich ist, um im Notfall das Fahrzeug vor einem Aufprall zu bewahren. Aktiviert wird der vorkonditionierte Bremsdruck aber erst dann, wenn der Fahrer – beim Erkennen der kritischen Situation - das Bremspedal betätigt. Folge davon ist, dass – nach Initiierung des Bremsvorgangs durch den Fahrer – schlagartig eine Quasi-Vollbremsung erfolgt, wodurch (beim Normalfahrer) der Bremsweg erheblich verkürzt wird. Assistenzsysteme dieses Typs, gekennzeichnet durch eine vom Fahrer eingeleitete Aktion, deren Auswirkung dann aber vom System „vervollständigt oder perfektioniert“ wird, sind sehr vielversprechend zur Unfallvermeidung in kritischen Situationen und, unter Berücksichtigung aller Aspekte, wohl auch rechtlich am ehesten durchsetzbar.

Ziel einer jeden Unfallvermeidungsstrategie muß es sein, die Unfallvermeidungsassistentz nicht ausschliesslich auf die Zeitpunkte nach dem Eintreten einer kritischen Situation und auf den Einsatz hochkomplexer autonomer High Response Systeme zu beschränken. Ziel muß es vielmehr sein, auch die Fahrphase (Bild 12) mit ins Kalkül einzubeziehen und den langen Zeitraum vor dem Eintreten einer kritischen Situation möglichst effektiv zur Konfliktvermeidung zu nutzen. Im Folgenden wird nun an einigen ausgewählten Beispielen gezeigt, inwieweit sehr realitätsnahe warnende Informationssysteme und unterstützende Low Response Assistenzsysteme zu dieser Aufgabe beitragen können.

Wie in Bild 3 dargestellt, besteht die wichtigste Maßnahme zur Unfallverhinderung in einer Verbesserung sowohl der visuellen Wahrnehmungsverhältnisse als auch in der Interpretation einer vorliegenden Verkehrssituation. Zur Optimierung dieser Verhältnisse können z.T. recht einfache Systeme beitragen. Dabei lautet die Devise: „Gut sehen und gut gesehen werden“. Verbesserte Systeme zur Ausleuchtung der Fahrbahn (ALC) /14/ sowie bremsdruckabhängig angesteuerte (Segment- oder Intensitäts-) Bremsleuchten (BFD) /15/ sind sehr einfache aber wirksame Mittel zur (Auffahr-) Unfallverhinderung.



Bild 14: Sichtverbesserung durch Nightvision-System (NIVI)

Weiterhin können, wie in Bild 14 dargestellt, Infrarot-Systeme die Sichtverhältnisse bei Dämmerung und Dunkelheit vervollständigen /16/.

Eine weitere Verbesserung der „Sichtverhältnisse“ kann über die Sensorik der Komfortassistenzsysteme auf der Führungsebene herbeigeführt werden. Die stetige Funktionserweiterung und Perfektion dieser Systeme, verbunden mit einer ständig erweiterten Sensordatenfusion /17/, wird dazu führen, dass Fahrzeuge über eine äußerst leistungsfähige sensorielle Rundumsicht verfügen (Bild 15). Dieses Sichtpotential kann zur (vollständigen) Beobachtung des Verkehrsgeschehens um ein Fahrzeug eingesetzt und zur Aktivierung einer Vielzahl von sicherheitsrelevanten Assistenzfunktionen mit warnendem oder führungsunterstützendem Inhalt genutzt werden.

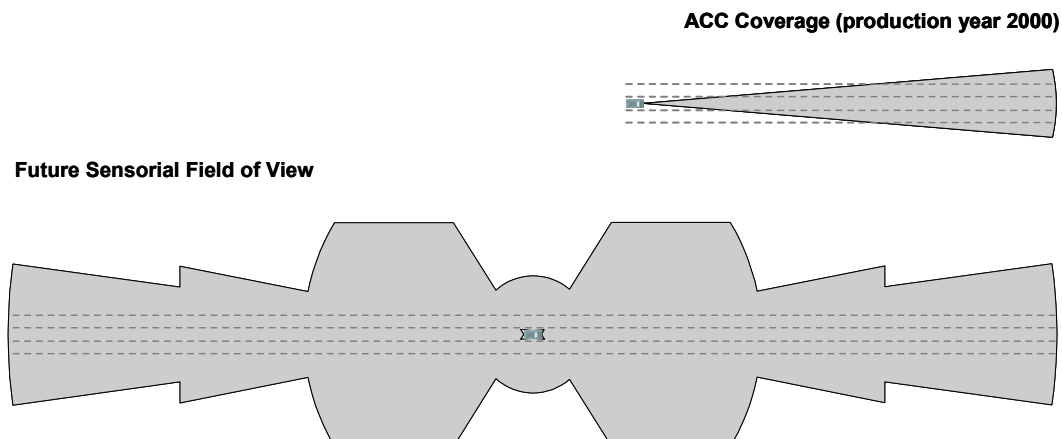


Bild 15: Gebiet der heutigen und künftigen Umfelderkennung

In diesem Zusammenhang sei hier auf verschiedene Möglichkeiten zur Unterstützung der Spurwechsellaufgabe (Bild 16) hingewiesen. Dabei beinhaltet ein „Low Level System“ ausschließlich eine Tote-Winkel-Überwachung für die Überholspur neben und hinter dem Fahrzeug. Damit erkennt es sowohl neben dem Fahrzeug schon positionierte Verkehrsteilnehmer als auch sich von hinten annähernde Fahrzeuge hinsichtlich Position und Relativgeschwindigkeit. Wird die Absicht zum Einleiten eines Spurwechsels - z.B. über die Betätigung des Blinkerhebels - erkannt, dann kann dem Fahrer über eine MMI-Schnittstelle, z.B. über eine grüne oder rote Lichtanzeige im Aussenspiegel, angezeigt werden, ob der Spurwechsel gefahrlos durchführbar ist. Bei einem entsprechenden „Advanced Level System“ findet eine Beobachtung der Verkehrsumgebung sowohl seitlich, nach hinten als auch nach vorne – für die Fahr- und für die Wechsellspur - statt. Ein der Fahrumgebungserfassung nachgeschaltetes Auswertesystem berechnet laufend, ob unter Berücksichtigung realistischer Beschleunigungsgrenzen ein Spurwechsellvorgang in eine Lücke auf der Wechsellspur gefahrlos möglich ist /9/. Beim Erkennen des Spurwechsellwunsches informiert es den Fahrer über ein eventuell vorliegendes Gefahrenpotential. Bei einem mehr visionären „High End System“ ist es nun denkbar, dass durch einen „Low Response“ Eingriff in die Fahrzeugführung das Assistenzsystem den Spurwechsel – nach Initiierung durch den Fahrer – auch vollautomatisch durchführt.

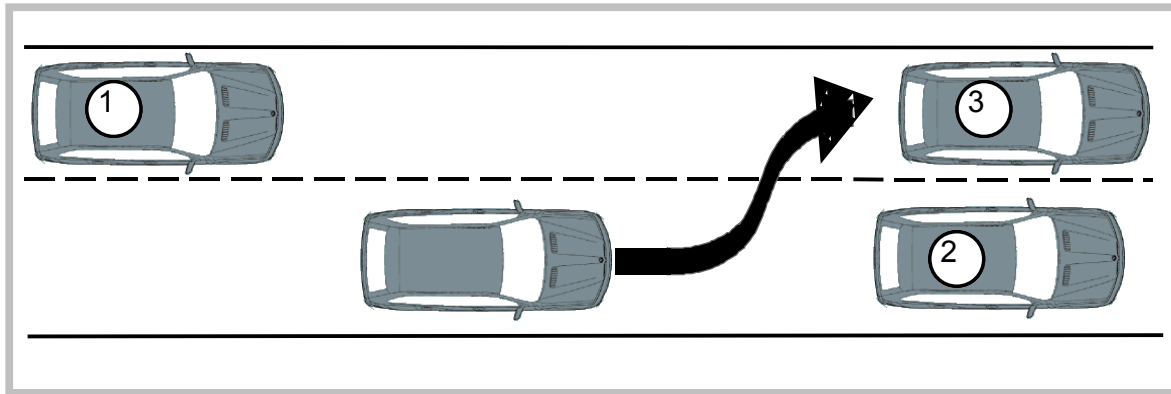


Bild 16: Bei der Spurwechselaufgabe zu berücksichtigende Fahrzeuge 1,2,3.

Dieses Beispiel verdeutlicht, auf welchem unterschiedlichem technischen Niveau Assistenzfunktionen für ein definiertes Aufgabenfeld realisiert werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass, auch wenn das High End System in Form eines Spurwechselassistenten (LCA) auf den ersten Blick als wesentlich performanter erscheint, die Low End Technik in Form einer Spurwechselwarnung (LCW) schon zur Vermeidung eines wesentlichen Teils der Unfälle bei Überholvorgängen beitragen kann.

Es versteht sich von selbst, dass eine fahrzeuggebundene Umfeldsensorik, bei aller Detaillierung der um ein Fahrzeug vorhandenen Verkehrssituation, immer über eine nur begrenzte Reichweite verfügen wird. Zur Vermeidung von Unfällen schon in der „frühen Phase“ wäre es höchst wünschenswert, wenn wesentliche Informationen/Warnungen schon (erheblich) früher zum Fahrer gelangen würden. Dazu werden künftig Wireless-Technologien beitragen. Durch sogenannte direkte Ad-Hoc Vernetzung der Fahrzeuge untereinander sowie durch direkte Vernetzung der Fahrzeuge mit der Verkehrsinfrastruktur kann ein wesentlicher Teil der erforderlichen Information bereitgestellt werden /18/.

Exemplarisch dafür sei hier die lokale Gefahrenwarnung aufgeführt. Wird ein Fahrzeug in einen Unfall verwickelt, so wird die Crash-Situation von der fahrzeuggebundenen Sensorik registriert: ABS- und DSC-Aktivierung, (translatorische und rotatorische) Beschleunigungen oberhalb natürlicher Grenzwerte sowie Air-Bag-Auslösungen sind ziemlich eindeutige Merkmale zur Erkennung eines gerade stattfindenden Unfalls. Gelingt es, in solchen Fällen von den am Unfallgeschehen beteiligten Fahrzeugen eine drahtlose Information abzusetzen, so kann diese kilometerweit von anderen Fahrzeugen empfangen werden (Bild 17). In einem Empfänger-Fahrzeug wird dann, in Abhängigkeit der gerade vorliegenden Navigationsdaten (fährt das Fahrzeug auf die Unfallstelle zu ?), eine Warnmeldung erzeugt, welche den Fahrzeugführer rechtzeitig (!) vor dem Herannahen an den Unfallort warnt.

Im Zusammenspiel zwischen Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur bietet die Ad-Hoc Technologie aber noch ganz andere Möglichkeiten zur Gefahrenreduzierung /19/.

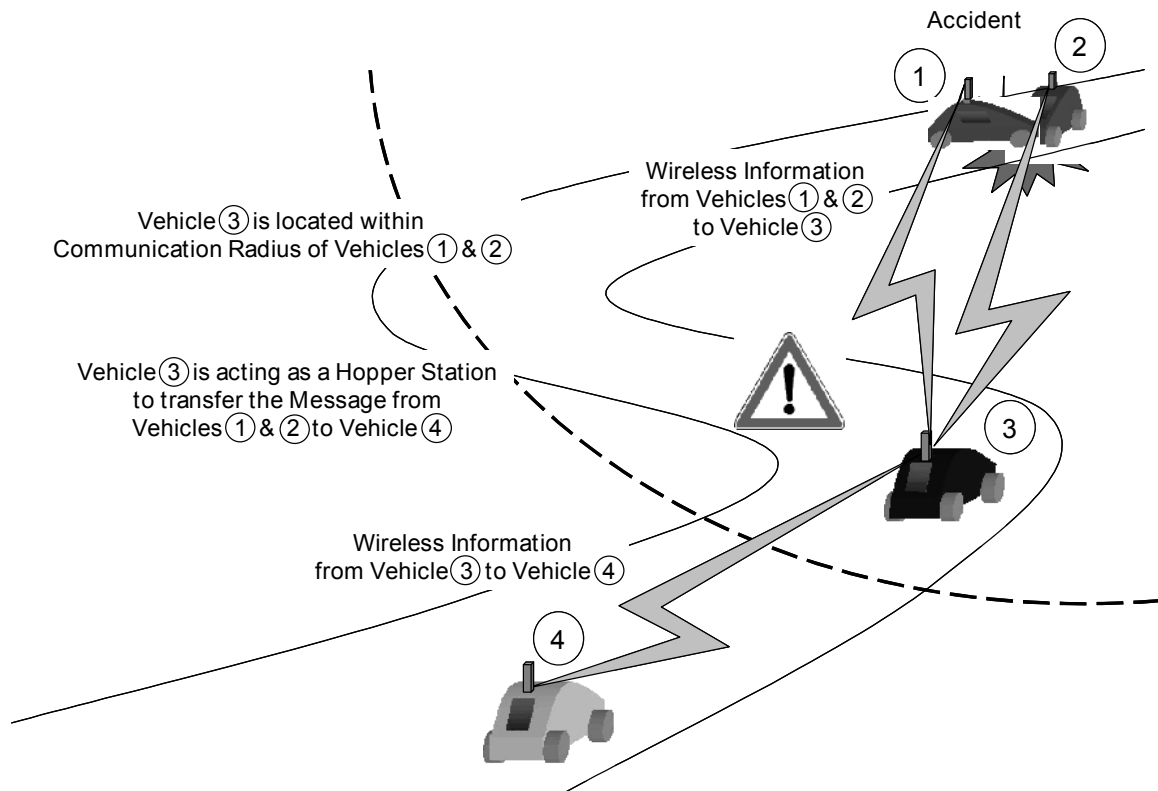


Bild 17: Ad-Hoc Übertragung einer Gefahrenmeldung

Aufgeführt seien hier die direkte Kommunikation zwischen Fahrzeug und Verkehrs(wechsel)zeichen zur Verkehrsflussoptimierung, die in Abschnitt 4.1 schon aufgeführte Navigationsassistenz mit dann deutlich verbesserten Möglichkeiten zur Staudetektion und Staumgehung (Rerouting-Funktionalität /18,19/) sowie die direkte Fahrzeug-Kommunikation mit Ampelanlagen im Kreuzungsbereich zur Verbesserung der Verkehrssituationserfassung. Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes /20/ Möglichkeiten zur Fahrzeug-Fußgänger-Kommunikation untersucht werden.

Zusammenfassend gilt, dass Assistenzmaßnahmen zur Erhöhung der aktiven Sicherheit vielschichtig sind. Zu erwarten ist, dass aufgrund des aktuellen allgemeinen Technologiestandes sowie der rechtlichen Situation in absehbarer Zeit wohl kaum Assistenzsysteme zum Serieneinsatz gelangen werden, welche voll-autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung vornehmen. Zu erwarten ist demgegenüber der zunehmende Einsatz von sicherheitsunterstützenden Systemen auf der Informations- und Führungsebene.

5. Systemakzeptanz und Mensch-Maschine-Schnittstelle

Bewusst wurde in den vorhergehenden Kapiteln ausschließlich auf die technologischen Aspekte von Assistenzsystemen eingegangen. In diesem Kapitel wird nun versucht, diese Systeme aus Kundensicht zu bewerten. Die Kundenentscheidung für oder gegen die Integration einer Assistenzfunktion (als Sonderausstattung) in ein neues Fahrzeug erfolgt zum überwiegenden Teil auf der Basis von nutzerorientierenden Aspekten und ist nicht primär

technologiegetrieben. Der Kunde wird nur dann bereit sein, für solche Systeme einen Geldwert zu entrichten, wenn diese ihm einen zusätzlichen Nutzen/Vorteil bringen!

Bekannt ist, dass neben den „emotionalen Grundwerten“ eines Autos, wie Eleganz, Sportlichkeit und Dynamik, der Kunde viel Wert auf Komfort und Sicherheit legt /21/. Damit müßten Assistenzsysteme aufgrund ihrer Funktionalität, welche gerade die letztgenannten Aspekte anspricht, fast zwangsläufig zum Verkaufsschlager werden. Andererseits weisen Marktforschungsuntersuchungen aber darauf hin, dass der Kunde (noch ?) nicht bereit ist, Systeme zu akzeptieren, welche mehr oder weniger direkt in die Fahrzeug-Führungsaufgabe eingreifen. Der Fahrer akzeptiert keine Bevormundung! Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge wurde versucht, in Bild 18 ein Ranking der schon in Bild 6 aufgeführten Assistenzsysteme nach den Kriterien „Kundennutzen“ und „wahrgenommenes Gefühl der Bevormundung“ durchzuführen. Aufgrund der aufgeführten Überlegungen ist zu erwarten, dass primär solche Assistenzsysteme eine hohe Kundenakzeptanz finden werden, welche im Bild eine Einordnung im Bereich „rechts unten“ gefunden haben.

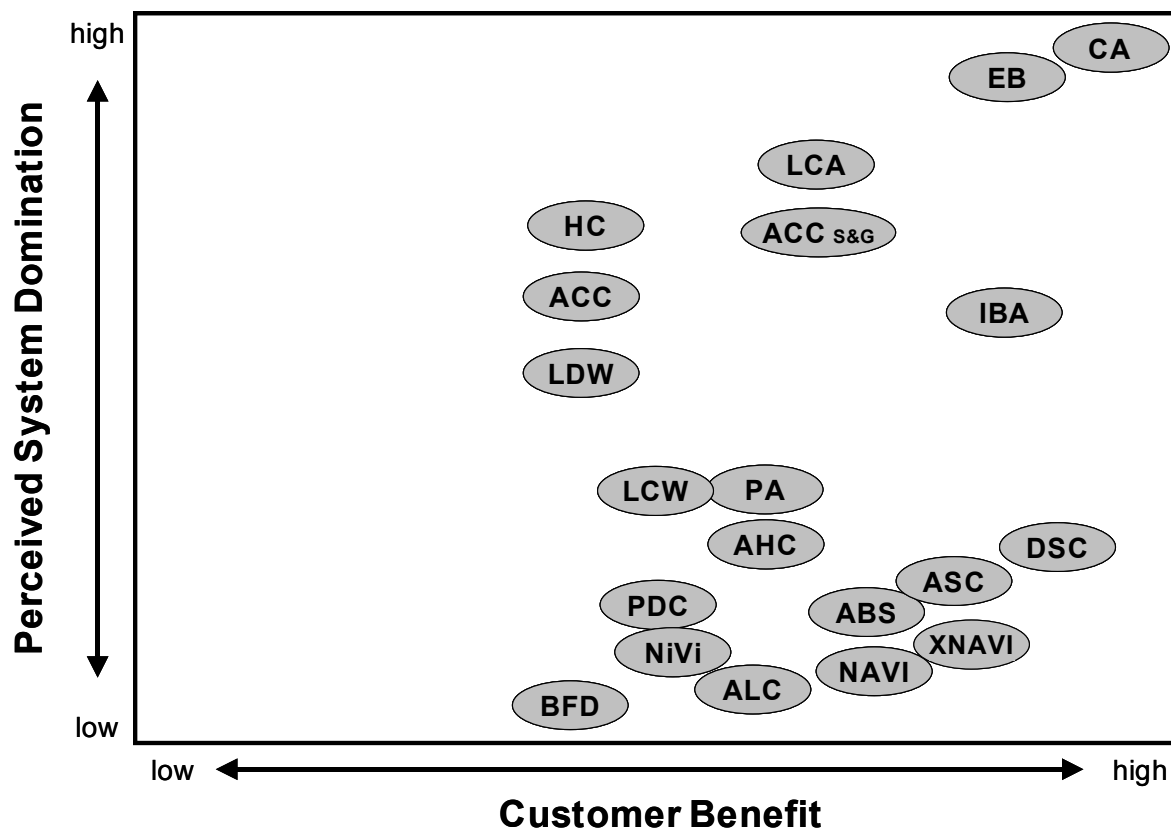


Bild 18: Nutzen-Fahrerdominanz-Darstellung von Fahrerassistenz und Aktiven Sicherheitssystemen

Sorgfältig zu berücksichtigen ist ferner, dass einmal akzeptierte zuverlässige Sicherheits-Assistenzsysteme beim Fahrer ein „Gefühl scheinbarer Sicherheit“ aufkommen lassen können, welches ein Nachlassen seiner Anstrengungen bei der Führungsaufgabe zur Folge haben kann. Dem gilt es entgegen zu wirken. Dem Fahrer muss im Bewusstsein bleiben, dass ihm die alleinige Verantwortung für die

Führung des Fahrzeugs obliegt. Diese Verantwortung kann – auch aus rein rechtlichen Gründen – nicht an ein Regelsystem delegiert werden!

Ein weiteres Kriterium für die Kundenakzeptanz stellt die Ausführung der Mensch-Maschine-Schnittstelle für im Fahrzeug integrierte Systeme (jedweder Art) dar. Der Kunde erwartet auch von Assistenzsystemen, dass sie eine Unterstützung bieten und keine zusätzliche Belastung bzw. Ablenkung hervorrufen. Während der Fahrt muss und will der Fahrer sich vollständig auf die Primäraufgabe der Fahrzeugführung konzentrieren, gelegentlich anfallende Nebentätigkeiten müssen einfach zu erledigen sein (Bild 19). Aufgrund dessen favorisiert ein Fahrer Systeme, die – ohne zusätzliche Bedienung - „im Hintergrund“ eine hocheffektive Arbeit verrichten. Dies erklärt die hohe Akzeptanz von sicherheitsrelevanten Assistenzsystemen wie ABS und DSC. Ziel muss es dementsprechend sein, bei der Integration von weiteren Assistenzfunktionen viel Wert auf die Einfachheit der Systembedienung zu legen. Usability Lab /22/ und Simulatortechnik /23/ sind geeignete Werkzeuge zur kundenrelevanten Absicherung der entsprechenden System- und MMI-Funktionalitäten. Sorgfältig darauf zu achten ist, dass Assistenzsysteme nicht der laufenden Einstellung/Verstellung durch den Fahrer bedürfen, deren Verfügung andauernd sichergestellt ist und/oder deren (eventuell situationsangepasste) Aktionen jederzeit für den Fahrer verständlich bleiben. Dies gilt auch für informativ/warnende Assistenzsysteme, von denen natürlich erwartet wird, dass sie im Ernstfall rechtzeitig warnen, aber den Fahrer nicht andauernd in noch beherrschbaren Situationen mit – dann als überflüssig angesehenen - Warnmeldungen überfluten. Systeme, die zu früh warnen oder (gelegentlich unerwartete) Aktionen auf der Führungsebene einleiten, werden als bevormundend kritisiert werden und deswegen keine Akzeptanz finden!

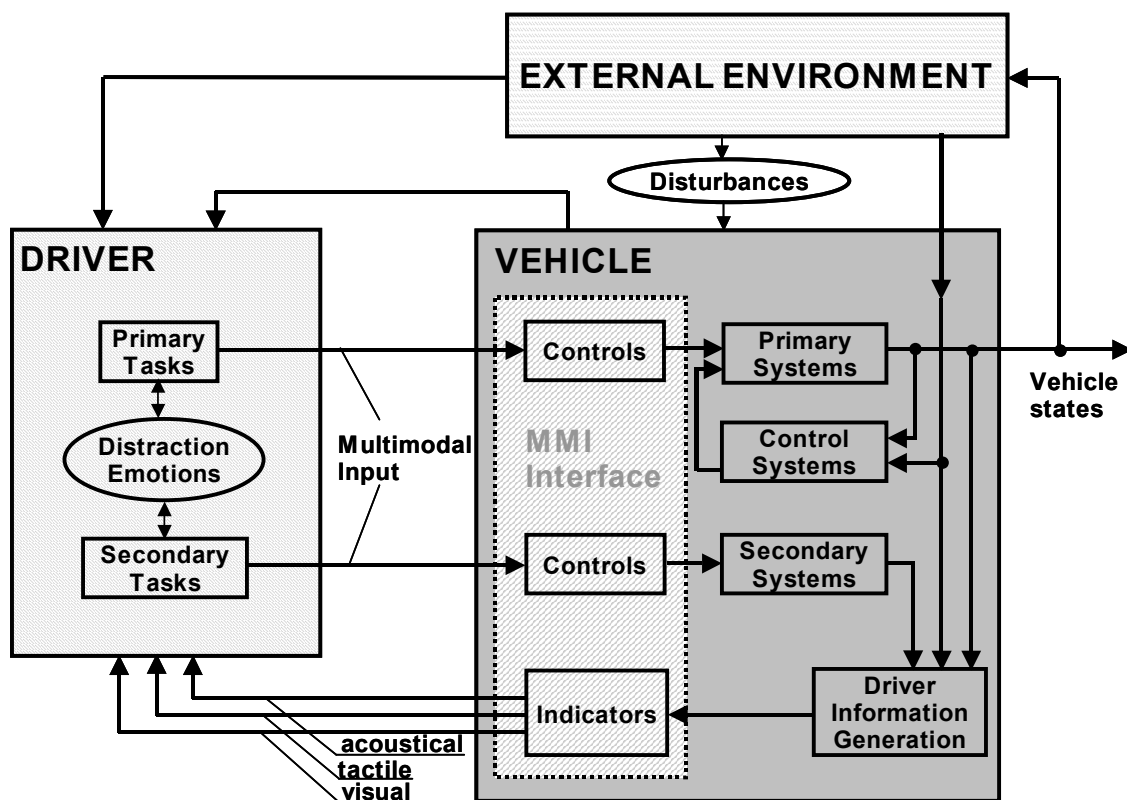


Bild 19: Fahrzeug-Fahrer-Interaktion bei der Erledigung von Haupt- und Nebentätigkeiten

Diese Überlegungen untermauern die hohe Bedeutung der Mensch-Maschine-Schnittstelle bei der Integration von Assistenzsystemen im Fahrzeug. Die Realisierung einer hochwertigen MMI-Funktionalität wird für die Akzeptanz von Assistenzsystemen von entscheidender Bedeutung sein!

6. Zusammenfassung

Es wurde gezeigt, dass Fahrerassistenz- und Aktive Sicherheitssysteme ein großes Potential sowohl zur Erhöhung des Fahrkomforts als auch zur Unfallvermeidung bzw. Unfallschwerereduzierung aufweisen. Als Schlüsseltechnologie zur Darstellung von effektiven Systemen ist dabei der Themenkomplex der Fahrumgebungserfassung und Situationsinterpretation anzusehen. Ohne hochzuverlässige Beherrschung dieser Technologie werden autonome Eingriffe in die Fahrzeugführung „innerhalb der letzten Sekunde“ vor dem Crash nicht realisierbar sein. Dies wiederum verdeutlicht die große Bedeutung von Sicherheitssystemen, welche darauf ausgerichtet sind, das Auftreten einer unfallkritischen Situation überhaupt zu verhindern. Weiterhin wurde gezeigt, dass mit Blick auf die Kundenakzeptanz ein hoher Systemnutzen sowie eine einfache Systemhandhabung unabdingbar sind. Dabei ist zu beachten, dass der Normkunde eine wahrnehmbare Bevormundung durch Assistenzsysteme in der Führungsaufgabe nicht akzeptieren wird.

7. Literaturverzeichnis

- /1/ Verkehr / Verkehrsunfälle 2002. Fachserie 8 / Reihe 7, Hrsg. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2003.
- /2/ White Paper European Transport Policy for 2010: Time to Decide. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2001.
- /3/ H. Brunner, A. Georgi; Drei Jahre Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden. ATZ 2/2003, Jahrgang 105, S. 166-171.
- /4/ Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2000. Wissenschaftliche Information der Bundesanstalt für Straßenwesen, 12/02 (2002).
- /5/ T. Bachmann, K. Naab, G. Reichart, M. Schraut; Enhancing Traffic Safety with BMW's Driver Assistant Approach. ITS Paper No. 2124, Beitrag zum 7th World Congress on Intelligent Transportation Systems, Turin, 2000.
- /6/ W. Prestl et alii; The BMW Active Cruise Control ACC. SAE Paper No. 2000-01-0344, in SAE Tech. Paper Series 2000.
- /7/ M. Debes, E. Herb, R. Müller, G. Sokoll, A. Straub; Dynamische Stabilitäts Control DSC der Baureihe 7 von BMW. ATZ 99 (1999) 3, S. 134-140.

- /8/ E. Donges, K. Naab; Regelsysteme zur Fahrzeugführung und –stabilisierung in der Automobiltechnik. *Automatisierungstechnik* 44 (1996) 5, S. 226-236.
- /9/ D. Ehmanns, P. Zahn, H. Spannheimer, R. Freymann; Integrierte Längs- und Querführung – Ein neues Konzept für Fahrerassistenzsysteme. *ATZ* 4/2003, Jahrgang 105, S. 346-352.
- /10/ A. Pruckner, F. Gensler, K. Meitinger, H. Gräf, H. Spannheimer, K. Gresser; Park Assistance. ITS Paper No. 2137, Beitrag zum 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Madrid, 16.-20. Nov. 2003.
- /11/ B. Ulmer: Introduction to ADASE2. ADASE2 – First Concertation Meeting, Brussels, 24.-25. Okt. 2001.
- /12/ S. Becker et alii; RESPONSE – The Integrated Approach of User, System, and Legal Perspective: Final Report on Recommendations for Testing and Market Introduction of ADAS. Final Report of Telematics 2C Project TR4022, Commission of the European Communities, Directorate General XIII, Brussels, Sep. 2001.
- /13/ J. Diebold; Das APIA-Projekt – Der Weg zum unfall- und verletzungsvermeidenden Fahrzeug. *ATZ und MTZ Sonderausgabe System Partners* 2003.
- /14/ P.J.Th. Venhovens, J.H. Bernasch, J.P. Löwenau, H.G. Rieker, M. Schraut; The Application of Advanced Vehicle Navigation in BMW Driver Assistance Systems. SAE Paper No. 1999-01-0490, 1999.
- /15/ J. Fenk, M. Praxenthaler; Einfluss einer mehrstufigen Bremsanzeige auf das Fahrerverhalten. Tagungsband „7. Aachener Kolloquium“, Aachen, 5.-7. Okt. 1998, S. 1237-1249.
- /16/ T. Weidner, W. Hahn; Algorithms for Fusion of FAR Infrared and Visual Night-Time Images with Sope to an Automotive Application and their Technical Evaluation. IST Paper No. 2314, Beitrag zum 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Madrid, 16.-20. Nov. 2003.
- /17/ K. Naab; Sensorik- und Signalverarbeitungsarchitekturen für Fahrerassistenz und Aktive Sicherheitssysteme. Beitrag zur Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz der TUM, München, 11.-12. März 2004.
- /18/ R. Bogenberger, T. Kosch; Ad-hoc Peer-to-Peer Communication-Webs on the Street. ITS-Paper No. 2149, Beitrag zum 9th World Congress on Intelligent Transportation Systems, Chicago, 14.-18. Okt. 2002.
- /19/ T. Kosch; Den Horizont der Fahrerassistenz erweitern: Vorausschauende Systeme durch Ad-hoc Vernetzung. Beitrag zur Tagung Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz der TUM, München, 11.-12. März 2004.

- /20/ R. Cicilloni; PROTECTOR – Preventive Safety for Unprotected Road User. Final Report of Project IST-1999-10107. Commission of the European Communities, Directorate General Information Society, Okt. 2003.
- /21/ R. Freymann; Auto und Fahrer im 21. Jahrhundert. VDI - Berichte Nr. 1768, 2003.
- /22 / W. Reichelt, P. Frank; Fahrerassistenzsysteme im Entwicklungsprozess. In: Kraftfahrzeugführung (S. 71-78), Hrsg. Th. Jürgensohn, K.-P. Timpe. Springer Berlin, Heidelberg, New York, 2001.
- /23/ A. Huesmann, D. Wisselmann, R. Freymann; Der neue dynamische Fahrsimulator der BMW Fahrzeugforschung. VDI-Berichte Nr. 1745, S.59-67, 2003.