

Der Sicherheitseffekt von ESP in Realunfällen – Überlegungen zum volkswirtschaftlichen Nutzen von prädiktiven Fahrerassistenzsystemen

Prof. Dr.-Ing. Peter M. Knoll, Robert Bosch GmbH, Produktbereich Fahrerassistenzsysteme, Leonberg

Prof. Dr.-Ing. Klaus Langwieder, Comité Européen des Assurances, Chairman of the Prevention and Road Safety Committee

Teil A: Der Sicherheitseffekt von ESP in Realunfällen (Langwieder)

A. 1. Fahrzeugsicherheit – ein Gesamtkonzept

Die heute verfügbaren elektronischen Fahrerassistenzsysteme ermöglichen neue Dimensionen der Fahrsicherheit. Nach langen Jahren einer höchst erfolgreichen Entwicklung der passiven Schutzsysteme steht nun eine dynamische Entwicklung der elektronischen Systeme der aktiven Fahrsicherheit im Vordergrund (Bild A.1). Durch den hohen Stand der passiven Sicherheit mit steifen Fahrgastzellen, optimierten Sicherheitsgurten, Airbags etc. sind nur noch begrenzte zusätzliche Sicherheitsgewinne zu erwarten. Die wesentlichen Fortschritte liegen nun in der Verbindung von aktiven und passiven Schutzmaßnahmen durch elektronische Fahrerassistenzsysteme, durch Umfeldsensierung, die Umsetzung von Pre-Safe-Konzepten und die Vernetzung dieser Systeme in ein übergreifendes integriertes Gesamtkonzept.

Der elektronische Fahrdynamikregler, das ESP-System ist hierbei eine Schlüsseltechnologie [1,2], die sowohl durch die Assistenz bei der Fahrzeugstabilisierung als auch bei Überschreiten der physikalischen Grenzen durch die Beeinflussung der Kollisionssituation (soweit möglich Vermeidung von Seitenaufprall) Aspekte der aktiven und passiven Sicherheit verbindet.

A. 2 Neue Aufgaben der Unfallforschung

Während bei der bisherigen Forschung zur passiven Sicherheit in konkreten Schadenereignissen der Zusammenhang von Unfallintensität, Fahrzeugdeformation und Verletzungsfolgen zu analysieren war (Bild A.2), stellt die Frage nach der Vermeidbarkeit des Unfallereignisses (aktive Sicherheit) die Aufgabe, die Unfallsituationen gesamtheitlich zu kategorisieren, die vorliegenden Unfallursachen und die Möglichkeiten der Beeinflussung zu ermitteln. Auch die Häufigkeit nicht eingetretener Unfälle muss abgeschätzt werden.

Als dominierendes Risikopotential hat sich der Verlust der Fahrzeugkontrolle (d.h. Schleuderunfälle) in der Pre-Crash-Phase erwiesen [5,6], Bild A.3. Um Entscheidungskriterien zur Entwicklung und Einführung von neuen Technologien zur Unfallvermeidung und Folgenminderung zu liefern, müssen über die Angabe der generellen Unfalltypen hinaus eine exakte Beschreibung/Kategorisierung der Pre-Crash-Phase, der Unfallabläufe und des unfallursächlichen Fahrerverhaltens erfolgen [6,16,25]. Nur damit lassen sich die Wirkanforderungen an Fahrerassistenzsysteme definieren.

Dabei bestehen zwei Kernprobleme:

- in der Amtlichen Nationalen Statistik [4] lassen sich diese differenzierten, schwierigen Analysen nicht realisieren und es müssen Grobrasterungen verwendet werden. Bei in-depth- Untersuchungen von Forschungsteams sind wiederum die erreichbaren Fallzahlen begrenzt für repräsentative Aussagen [7]. Die bessere Vernetzung von Großzahlmaterial und Spezialuntersuchungen, sowie die Nutzung von Fahrdatenerfassung in der Pre-Crash-Phase muss geprüft werden.
- Die Beobachtung der Auswirkung von technischen Systemen, insbesondere speziellen Fahrerassistenzsystemen ist schwierig. Neue Systeme werden häufig optional eingeführt und eine Identifizierung der technischen Sicherheitsausstattung in Großzahluntersuchun-

gen ist nicht möglich. Nur in USA bestehen bessere Identifizierungsmöglichkeiten [26] durch die generelle Nutzung der Fahrzeugidentifizierungsnummer (VIN). Damit kann die Unfallforschung nur begrenzt Erfahrungswerte über neue Technologien, zudem auf statistisch gesicherter Basis und die nötigen Entscheidungskriterien für deren generellen Einsatz liefern. Bei ESP handelte es sich glücklicherweise um das erste Fahrerassistenzsystem, das in der Großserie im Realverkehr eingesetzt wurde und über Fahrzeugmodell/Baujahr definiert werden konnte.

10 Jahre nach dem erstmaligen Serieneinsatz von ESP 1995 hat sich eine international umfangreiche Literatur von Forschungsarbeiten gebildet (Bild A.4), durch die zunehmend gesicherte Ergebnisse vorliegen auf den Bereichen

- Untersuchung des Wirkpotentials (Pre-Crash-Situationen)
- Abschätzung der Effizienz von ESP
- Felderfahrungen über Auswirkung von ESP im Unfallgeschehen.

ESP ist somit ein Musterbeispiel, wie durch konsequente unternehmerische Entscheidung ein Sicherheitsfortschritt erreicht wurde, der bereits heute in Unfallstatistiken weltweit nachzuweisen ist.

A. 3 Beschreibung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse

A.3.1 Wirkpotential „Verlust der Fahrzeugkontrolle“

Die Abgrenzung des Wirkpotentials, also die Häufigkeit jener Unfallsituationen, in denen von einem Fahrerassistenzsystem eine positive Wirkung erbracht werden kann, ist die Grundlage der Effizienzbetrachtung. Je mehr gefährliche Unfallsituationen in den potentiellen Wirkungsbereich eines Fahrerassistenzsystems fallen, umso höhere Auswirkung im Unfallgeschehen ist zu erwarten, selbst wenn der Wirkungsgrad des Systems und die Reaktion der Fahrer noch nicht bekannt sind.

Der internationale Vergleich über die Häufigkeit von Schleudervorgängen in der Pre-Crash-Phase ergab voll übereinstimmende Resultate (Bild A.5). Mindestens 20 % aller Unfälle mit Personenschaden stehen mit Schleudern des Pkw in der Pre-Crash-Phase in Zusammenhang [9,14,15,18,19,20,25], dieser Anteil steigt bei tödlichen Unfällen auf 40 % .

Diese Werte sind eher als untere Grenze auf Grund der zwangsläufigen Globalstatistiken zu bewerten. In-depth-Untersuchungen im deutschen GIDAS-Material ergaben, dass der Anteil von Schleudervorgängen bei Unfällen mit schwerem Personenschaden bereits bei 48 % liegt [24]. Bei den besonders gefährlichen Alleinunfällen erhöht sich der Schleuderanteil auf 40 – 60 % [18], Überschlagsunfälle stehen in 49 % mit Schleudervorgängen in Zusammenhang und werden in über einem Drittel durch Schleudern verursacht [28].

Das bedeutet, dass allein Deutschland circa 40.000 Unfälle und rund 1500 Unfälle mit Getöteten mit Schleudervorgängen in Zusammenhang stehen.

Verlust der Fahrzeugkontrolle ist aber auch bei anderen Fahrzeugkategorien ein dominierender Unfallfaktor.

Eine Untersuchung des GDV von 840 Kleintransporter-Unfällen [27] ergab, dass 19 % ESP-relevante Unfallumstände, also eine fahrdynamische Instabilität aufwiesen, Bild A6. Auch bei LKW lag nach GDV-Untersuchungen eine Instabilität Schleudern vor der Kollision in 9 % aller Unfälle vor [13]. Der Anteil der Schleuderunfälle ist bei den so genannten „Sport Utility Vehicles“ besonders hoch. Untersuchungen in USA ergaben, dass mindestens ein Drittel der häufigen Überschlagsunfälle auf Schleudern zurückzuführen ist [23,26], Bild A7.

Trotz dieser klaren Resultate sollte, insbesondere bei LKW Unfällen, das Risikopotential „Instabilität /Schleudern/ Kippen“ in erweiterten Studien untersucht werden, denn hier scheinen noch erhebliche Dunkelziffern zu bestehen.

A.3.2 Abschätzung des Nutzens von ESP

Die verfügbaren Nutzenanalysen von ESP beruhen auf in-depth-Untersuchungen von Unfällen, Testergebnissen oder Simulatoranalysen. Beispielsweise berichtete Toyota 1996 über

Fahrversuche, wonach eine repräsentative Fahrergruppe ohne ESP zu 45 % in einer glatten Kurve ins Schleudern kam, während mit ESP dieser Anteil auf nur 5 % zurückging [10].

Retrospektive in-depth-Untersuchungen einer europäischen Gemeinschaftsstudie „EACS“ [9] ergaben (Bild A.6), dass in Schleuderunfällen mit Personenschaden durch ESP ein positiver Einfluss in 42 % vorgelegen hätte, bei Schleuderunfällen mit Todesfolge stieg dieser Anteil durch ESP sogar auf 67 % an.

Neue Untersuchungen auf dem Hochtechnologie-Fahrsimulator der NHTSA/Iowa [17] mit 120 Probanden und zwei unterschiedlichen ESP-Varianten zeigten, dass ohne ESP 27,9 % der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verloren, mit ESP lag dieser Anteil nur bei 3,4 % - eine Erhöhung der Stabilitätsquote um 88 %.

Die Probanden hatten dabei 3 typische, kritische Fahrsituationen „Ausweichmanöver, Linkskurve mit abnehmendem Radius und Reaktion auf plötzlichen starken Seitenwind“ durchzuführen. Mit ESP behielten 34 % mehr Fahrer die Kontrolle über den PKW als ohne ESP; diese Ergebnisse waren unabhängig von Alter und Geschlecht der Probanden.

Bei anderen Fahrzeugkategorien sind die Nutzenabschätzungen noch vorläufig und sollten bei LKW, Sattelzügen und Bussen ergänzt werden.

Bei Kleintransportern wären nach GDV Untersuchungen [27] mindestens 10 % der Unfälle mit schwerem Personenschaden vermieden worden und in über 40 % der Alleinunfälle von LKW hätte ein positiver ESP Einfluss bestanden [13].

A.3.3 Effizienz-Analysen im realen Unfallgeschehen

Der steigende Ausrüstungsgrad seit der ESP-Einführung 1995 und insbesondere die Definition der ESP-Fahrzeuge über Hersteller/Modell/Baujahr erlaubt zunehmend Ergebnisse aus Großzahlstatistiken [6].

Es liegen international 4 verschiedene Untersuchungsansätze vor:

A.3.3.1. Rückgang einer Unfallkategorie nach Einführung von ESP

Die Fahrzeuge von Daimler-Chrysler [11] und VW [20] wiesen nach Einführung von ESP (Bilder A7 und A8 übereinstimmend einen Rückgang der Fahrunfälle von 41 – 42 % auf; ein überproportionaler Rückgang gegenüber diesem Anteil aller anderen PKW Modelle (die ja teils auch schon mit ESP ausgerüstet waren, überwiegend aber ältere PKW ohne ESP) wurde festgestellt. Auch in [16] ergab sich, dass nach Einführung von ESP in Fahrzeugmodellen ein Rückgang der Unfallhäufigkeit und vor allem der schweren Verletzungen eintrat.

In Großzahluntersuchungen hat Toyota als Messkriterium den Anteil der Alleinunfälle zugrunde gelegt und berichtete bei den drei mit ESP ausgestatteten PKW Modellen neben anderen Kriterien einen Rückgang von 35 % der Alleinunfälle, bei schweren Alleinunfällen sogar von 50 % [14].

Von besonderer Bedeutung ist, dass erstmals seit Herbst 2004 auch ESP Untersuchungen aus USA durch die Staatliche Verkehrssicherheitsbehörde NHTSA [23] und das Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) vorliegen [26]. Da Alleinunfälle besonders häufig mit dem ESP-relevanten Kriterium „Schleuderunfall“ belastet sind, wurden von NHTSA in 5 Bundesländern Vergleichsuntersuchungen mit/ohne ESP der Jahre 1997/2002 durchgeführt. Das IIHS führte in 7 Bundesländern 2001/2002 analoge Untersuchungen, aber auf der Basis aller PKW Unfälle mit Aufteilung nach „multiple vehicle crashes“ und „single-vehicle crashes“ durch.

Der Rückgang für alle US Alleinunfälle mit ESP war mit 35 – 41 % in beiden Studien praktisch übereinstimmend und liegt in der gleichen Größenordnung wie bei EU Studien (Bild A9). Die NHTSA-Studie weist mit dem beobachteten Rückgang der Alleinunfall-Häufigkeit bei SUV um 67 % darauf hin, dass für diese Fahrzeugkategorie ESP noch wichtiger ist als für die normalen PKW [23].

A.3.3.2. Nutzenanalyse über ESP-sensitive Unfallabläufe

Bei diesen Untersuchungen wurden die Unfälle bzw. Unfalltypen in Abläufe mit ESP Einflussmöglichkeit (ESP-sensitive) und in jene sicherlich unbeeinflussbare Abläufe unterteilt.

Im Rahmen des EU Projektes „Sicherheitsbewertung von PKW auf Basis von Realunfällen (SARAC) wurde von der TU Braunschweig erstmalig eine Untersuchung (Januar 2005) über alle mit ESP ausgerüsteten Fahrzeuge durchgeführt. Grundlage war die Amtliche Bundesstatistik 1998 -2002 unter Einschluss von 639 000 PKW-Alleinunfällen und Kollisionen zwischen zwei PKW.

Dabei erfolgte eine sehr restriktive Definition des „ESP-sensitiven Unfalles“: nur Fahrnunfall im Außerortsbereich und nur Vergleich mit/ohne ESP von Fahrzeugen jünger als 4 Jahre. Auch bei dieser Studie ergab sich ein deutlicher Rückgang der ESP-sensitiven Unfälle im Mittel von 32 % mit stark zunehmender positiver Nutzentendenz für 2001/2002.

Zumal auf Grund der restriktiven Nutzendefinition stimmen auch diese Werte mit den vorgenannten Nutzenkategorien von rund 40 % weniger Fahrnunfällen gut überein.

Renault hat die Vergleichsuntersuchungen [25] auf das Modell Renault Laguna beschränkt und den amtlichen Unfallursachenkatalog in Frankreich detailliert in ESP-sensitive/nicht sensitive Unfälle unterteilt. Dabei wurde ein Rückgang der mit Schleudervorgängen behafteten ESP-sensitiven Unfälle um 44 % festgestellt (Bild A7).

A.3.3.3. Gesamtvergleich nach der „Induced Exposure Method“

Bei dieser in Schweden [15] benutzten Methode wird ein Unfalltyp – hier Auffahrunfälle im Längsverkehr – zugrunde gelegt, der durch das Untersuchungskriterium ESP nicht beeinflussbar ist. Jede Abweichung der anderen, durch ESP möglicherweise zu beeinflussenden Unfälle wird dann als Auswirkung der Ausstattung mit ESP-Untersuchungskriterien betrachtet. Die von der Schwedischen Road Administration (SRA) durchgeführten Vergleichsuntersuchungen von entsprechenden Fahrzeugmodellen mit/ohne ESP basierten auf der Nationalen Statistik 2000 – 2002. Der festgestellte Mittelwert des Rückganges **aller** Unfalltypen (ausgenommen Auffahrunfälle) um 22 % ist ein eindeutiger Nachweis des Nutzens von ESP im gesamten Unfallspektrum. Angesichts der Tatsache, dass der Rückgang von 22 % nicht nur die ESP-sensitiven, sondern alle Unfalltypen betrifft, stimmt dieses Ergebnis gut mit den vorgenannten Nutzenkategorien überein. Bei ungünstigen Straßenverhältnissen wie Regen/Glätte wurden höhere Reduktionswerte durch ESP mit 32 % bzw. 38 % Nutzen festgestellt. Die Studie [15] brachte auch den Nachweis, dass bei ESP nicht mit Problemen der Risikokompensation zu rechnen ist.

A.3.3.4. Umfassende Einzelfall-Untersuchungen an in-depth-Material

Diese besonders aufwändigen Untersuchungen wurden von VW [20,21] und Ford [24] auf der Basis des deutschen GIDAS-Materials durchgeführt. Grundlage waren dabei 2339 bzw. 1631 Unfälle mit kompletten Informationen zum gesamten Unfallereignis, erhoben in interdisziplinärer Auswertung am Unfallort.

In der Ford-Studie [24] ergaben sich je nach Unfallszenario (Tag/Nacht, Regen, Reifenkriterien) für die Gruppen von 18 bzw. 38 jährigen Unfallfahrern Nutzenpotentiale zwischen 19 – 36 % durch ESP. Junge Fahrer weisen weitaus höheres Nutzenpotential auf als ältere 60-jährige Fahrer, bei denen auf Grund der vorsichtigeren Fahrweise der ESP Nutzen auf 13 % begrenzt war.

Diese Studie beweist, dass mit ESP, insbesondere auch die Fahrzeugkategorien für die jungen Fahrer, also Klein- und Mittelklasse PKW, ausgerüstet sein müssen .

Für die Gesamtreduktion der ESP-sensitiven Schleuderunfälle ergaben sich sowohl in der VW- als auch der Ford-Studie übereinstimmend 44,7 bzw. 44,1 %.

Es ergaben sich somit unabhängig von allen Untersuchungsmethoden in staatlichen internationalen Studien voll übereinstimmende ESP Nutzenkategorien (Bild A7).

A. 4 Zusammenfassung der vorliegenden Resultate

Die klassische Unterteilung von Fahrzeugsicherheitssystemen in Maßnahmen der passiven Sicherheit (Verminderung der Unfallfolgen) und der aktiven Sicherheit (Vermeidung oder Minderung von Unfällen) wird zunehmend aufgelöst. Durch Vernetzung der Systeme und die Pre-Crash Sensorik wird ein Gesamtkonzept der primären und sekundären Unfallsicherheit angestrebt.

Für die Sicherheit heutiger und künftiger Fahrzeuge ist ESP eine Schlüsseltechnologie, die Aspekte der passiven und aktiven Sicherheit verbindet. Der Nutzen durch die Einführung von ESP in Großserienmodelle ist heute in der Unfallstatistik nachzuweisen durch geringere Unfallhäufigkeit und Vermeidung besonders kritischer Unfalltypen [8,16].

Unfälle mit Verlust der Fahrzeugkontrolle, sog. Schleuderunfälle sind ein Schwerpunkt des heutigen Unfallgeschehens. Mindestens 25 % aller Unfälle mit Insassenverletzung sind Schleuderunfälle, bei tödlichen Verletzungen sogar 40%.

Die gefährlichen Alleinunfälle sind zu 40 – 60 % mit Schleudern in der Pre-Crash-Phase verbunden. Diese Zahlen ergeben sich übereinstimmend aus Unterlagen in Deutschland, Frankreich, Schweden, USA und Japan.

Damit sind pro Jahr in der EU etwa 250 000 Unfälle mit verletzten PKW-Insassen und etwa 10 500 Unfälle mit Getöteten auf Unfallabläufe mit Verlust der Fahrzeugkontrolle zurückzuführen, die durch ESP beeinflusst werden könnten.

Nicht nur für PKW, auch für Kleintransporter ist ESP ein unverzichtbares Sicherheitssystem. 19 % aller Unfälle mit Kleintransportern entfallen heute auf den möglichen Wirkungsbereich von ESP.

In mindestens 9 % aller LKW Unfälle, analog auch der Busse, wäre durch ESP eine hohe Chance gegeben, den Unfall zu vermeiden oder die Folgen zu vermindern. Das allein würde ca. 100 Verkehrstote und 500 Verletzte weniger pro Jahr bedeuten; zusätzlich sind bei LKW-Unfällen auch die hohen Folgeschäden zu berücksichtigen.

Nach in-depth-Einzelfalluntersuchungen der Europäischen EACS-Studie ist davon auszugehen, dass in 42 % aller Schleuderunfälle und dabei in 67 % der tödlichen Unfälle wahrscheinlich durch ESP die schweren Unfallfolgen und sogar die Unfälle selbst vermeidbar gewesen wären.

In Studien, basierend auf den nationalen Unfallstatistiken in Deutschland, Schweden und Frankreich wurde bei ESP-Fahrzeugen ein Rückgang der ESP-sensitiven Unfälle (d.h. Schleudern in der Pre-Crash-Phase) um 40 – 45 % nachgewiesen. Auch in deutschen Großzahluntersuchungen am Unfallort (GIDAS) bestätigte sich dieser Rückgang der Schleuderunfälle um 40 – 45 % durch ESP. In USA wurde in 2 unabhängigen Studien (5 bzw. 7 Bundesstaaten) bei ESP-Fahrzeugen ein Rückgang der Alleinunfälle um 35 – 41 % nachgewiesen.

Es ergaben sich somit unabhängig von den Untersuchungsmethoden und den Selektionskriterien übereinstimmend hohe ESP Nutzenkriterien in allen internationalen Studien.

Bezogen auf alle Unfalltypen der Amtlichen Deutschen Bundesstatistik lassen diese heutigen Resultate erwarten, dass bei einer 100%igen Ausrüstung aller PKW mit ESP ein Rückgang der nationalen Unfallzahlen mit Verletzungen im PKW um etwa 7 – 11 % zu erwarten wäre. Der Rückgang der getöteten PKW-Insassen würde auf Grund der bei Schwerstunfällen erhöhten Effektivitätsrate von ESP mit hoher Wahrscheinlichkeit etwa bei 15 – 20 % liegen, d.h. im Bereich bis zu 800 Toten pro Jahr in Deutschland.

Angesichts dieser Resultate aus dem realen Unfallgeschehen ist der Aussage von VW [12,22] und Daimler Chrysler [11] zuzustimmen, dass neben dem Sicherheitsgurt der elektronische Fahrdynamikregler ESP das mit Abstand wichtigste Sicherheitssystem im modernen PKW ist und in seiner Effizienz noch über jener des Airbags liegt.

A. 5 Ausblick und Forderungen

Der wissenschaftliche Erkenntnisstand zu ESP ist durch viele Unfalluntersuchungen vor allem aus den letzten Jahren sehr gut. Bei entsprechender Berücksichtigung der unterschiedlichen Datenquellen und der Selektionskriterien führen die Ergebnisse der internationalen Unfallforschung zu exakt übereinstimmenden Ergebnissen.

Alle bekannten Studien bestätigen den positiven Effekt von ESP. Die bisherigen Resultate geben keine Hinweise, dass eine Gefahr der Risikokompensation im Vertrauen auf die verbesserte Technik bestehen würde. In der Werbung sollte darauf geachtet werden, dass der Verbraucher zwar das ESP kennt, aber keine falschen Erwartungen geweckt werden. ESP unterliegt uneingeschränkt den Gesetzen der Fahrphysik, hilft aber als stiller „mitfahrender Schutzengel“ dem Fahrer beim Stabilisieren des Fahrzeugs in kritischen Situationen.

Die noch weit verbreitete Meinung, dass ESP überwiegend nur bei hohen Geschwindigkeiten und geringen Fahrbahnreibungswerten helfen würde, muss korrigiert werden. Bei der Notwendigkeit einer plötzlichen Ausweichsituation kann die stabile ruhige Fahrweise des PKW in Millisekunden in einen instabilen, kritischen Schleudervorgang umschlagen.

Die extrem unterschiedlichen Ausrüstungsquoten von Neuwagen mit ESP in Europa (Bild A10) sind somit auf eine Fehleinschätzung der Risiken durch den Verbraucher vor allem in südlichen Ländern, aber auch auf das Ausrüstungsangebot durch die Fahrzeughersteller zurückzuführen. Die ehrgeizige Zielsetzung der Europäischen Kommission [3], bis 2010 die Zahl der Getöteten um 50 % zu reduzieren (Bild A11) erfordert ein Gesamtkonzept aller verfügbaren Maßnahmen unter Nutzung des ESP-Sicherheitseffektes.

Zur Erreichung dieses Zieles ist zu fordern (Bild A12):

- Die Ausrüstung von PKW mit ESP muss schnellstmöglich in ganz Europa, letztlich weltweit einheitlicher Standard werden.
- Analog dem Airbag muss dem Verbraucher klar gemacht werden, dass ESP ein unverzichtbarer Sicherheitsbestandteil des Fahrzeuges ist.
- In Sicherheitsbewertungen EURONCAP muss die Ausstattung mit einem qualitativ hochwertigen ESP berücksichtigt werden.
- Durch freiwillige Selbstverpflichtung der Hersteller, z.B. gemeinsam im Rahmen der ACEA sollte sichergestellt werden, dass unabhängig vom Preiswettbewerb eine Ausstattung aller Fahrzeuge, auch der Mittelklasse und Kompakt-PKW international einheitlich erfolgt. ESP darf nicht nur auf die höherwertigen Fahrzeugsegmente beschränkt bleiben (Bild A13), gerade bei jüngeren Fahrern ist ESP lebenswichtig.
- Auf Grund des hohen Nutzenpotentials von ESP bei Kleintransportern und bei LKW/Bussen sollten auch diese Fahrzeuge serienmäßig mit ESP ausgerüstet sein. Wegen des scharfen internationalen Wettbewerbes sollte geprüft werden, ob für diese Fahrzeugkategorien eine gesetzliche Vorschrift von ESP zur Sicherung eines international einheitlichen und hohen Qualitätsstandards erfolgen sollte (Bild A12)
- Die Ausrüstung von Gefahrgutfahrzeugen mit ESP muss umgehend europaweit einheitlich vorgeschrieben werden.
- Als Entscheidungshilfe für weitere technische Entwicklungen der Fahrerassistenzsysteme und von integrierten Sicherheitskonzepten muss die Unfallforschung intensiviert werden auf dem Gebiet der Unfallursachen, der Pre-Crash-Situationen und der Verhaltensweisen der Fahrer.
- Zusätzlich sollten auch die Europäischen Nationalen Unfallstatistiken dahingehend verbessert werden, dass sicherheitstechnische Kriterien sowohl zum Unfallablauf, als auch zu den Verletzungsfolgen präziser erfasst werden und dadurch eine bessere Beschreibung von Risikosituationen und vertiefte Möglichkeiten zur Sicherheitsbewertung von Fahrzeugen erfolgen können.

Die internationale Unfallforschung zu ESP hat zu erfolgreichen Resultate geführt, auf denen es aufzubauen gilt, um die dynamische Sicherheitsentwicklung des europäischen Straßenverkehrs und der zukünftigen Fahrzeuge mit aktuellen Resultaten zu begleiten.

Teil B: Überlegungen zum volkswirtschaftlichen Nutzen von prädiktiven Fahrerassistenzsystemen (Knoll)

Kurzfassung

Airbag und Gurtstraffer tragen heute wesentlich zur Erhöhung der passiven Sicherheit in modernen Fahrzeugen bei. Während diese Systeme Unfallfolgen mindern können, helfen aktive Sicherheitssysteme, wie ABS, das Elektronische Stabilitäts-Programm ESP und der hydraulische Bremsassistent HBA dem Fahrer in kritischen Situationen, einen Unfall zu vermeiden oder Unfallfolgen zu mildern.

Die Wirkung aktueller aktiver und passiver Sicherheitssysteme kann weiter verbessert werden, wenn zuverlässige Informationen über die Umgebung des Fahrzeugs einbezogen werden. Denn je früher solche Systeme prädiktiv, also mit Hilfe von Sensoren vorausschauend, gefährliche Objekte im Fahrzeugumfeld erkennen und einen möglichen Unfall vorhersagen, desto wirkungsvoller können sie ihre Aufgabe erfüllen. Durch frühzeitige Warnung des Fahrers kann eine Vorverlegung der Fahrerreaktion herbeigeführt werden. Bei „aktiven“ Fahrerassistenzsystemen, bei denen vom Rechner in die Fahrzeugdynamik eingegriffen wird, erfolgt eine schnellere Fahrzeugreaktion als dies mit der normalen Reaktion des Fahrers auf einen erkannten Gefahrenzustand möglich wäre.

B.1 Unfallursachen und Assistenzsysteme zu ihrer Vermeidung

Bei nahezu 40.000 Verkehrstoten pro Jahr in der EU hat die Europäische Kommission die Not für rasches Handeln erkannt und mit dem Road Safety Action Plan ein hohes Ziel definiert. Der Plan sieht eine Halbierung der Verkehrstoten bis zum Jahre 2010 vor.

In kritischen Fahr Situationen entscheiden häufig lediglich Bruchteile von Sekunden, ob es zu einem Unfall kommt oder nicht. So haben frühere Studien von Enke [1] ergeben, dass rund 65 Prozent der Auffahrunfälle und fast ein Drittel der Frontalzusammenstöße gar nicht passieren würden, wenn der Fahrer nur eine halbe Sekunde früher reagieren könnte (Bild B1). Jeder zweite Unfall auf Kreuzungen ließe sich durch eine frühere Reaktion verhindern. Nahezu 25 % aller Unfälle sind durch Auffahren auf den Vordermann verursacht. Mit 68% ist der Anteil, der hiervon durch Unachtsamkeit verursacht wird, besonders hoch.

Um größtmögliche Wirkung zu erzielen liegt es nahe, sich vorrangig auf solche Systeme zu fokussieren, die besonders hohes Unfallvermeidungspotenzial und Potenzial zur Unfallfolgenminderung aufweisen. Da in Deutschland mehr als 70% der Verkehrstoten bei Kollisionen vorkommen, haben Systeme zur Längsführung mit Vorverlagerung der Fahrerreaktion und mit automatischen Fahrzeugeingriffen das höchste Potenzial zur Vermeidung von Verkehrstoten und schweren Verkehrsunfällen.

Auf dem Weg zum Unfall vermeidenden Fahrzeug mit vollem Eingriff in Bremse, Lenkung und Gas, dem „Safety Vehicle“, nutzen prädiktive, vorausschauende Fahrerassistenzsysteme die Signale neuer Sensortechniken (Ultraschall, Radar, Video) zur Detektion von Objekten im Fahrzeugumfeld. Durch Messung ihrer Positionen und ihrer Relativgeschwindigkeiten zum eigenen Fahrzeug werden bevorstehende Kollisionen erkannt und können stufenweise in immer intensivere Eingriffe in die Längs- und Querrführung der Fahrzeuge umgewandelt werden.

B.2 Sensoren für prädiktive Fahrerassistenzsysteme

Voraussetzung für die Entwicklung prädiktiver Sicherheitssysteme sind Sensoren zur Erfassung des Fahrzeugumfelds. Mit ihnen werden Objekte erfasst und ihre Position und Relativgeschwindigkeit zum eigenen Fahrzeug errechnet. Bild B2 zeigt die Absicherungsbereiche der verschiedenen Sensoren, die Bilder B3, B4 und B5 zeigen die wichtigsten Rundumsichtsensoren.

Basis für prädiktive Sicherheitssysteme (PSS) ist das Fernbereichsradar, (Bild B4), das heute beim ACC (Adaptive Cruise Control) eingesetzt wird. Um den hohen Anforderungen an Sicherheitsfunktionen gerecht zu werden, werden die aktiven Bremsfunktionen künftig auch noch mit der Videosensorik kombiniert. Aufgrund der Informationen der Sensoren über Abstand, Relativgeschwindigkeit und Größe der vorausfahrenden Fahrzeuge kann das Predictive Safety System schon vor dem drohenden Unfall reagieren.

B.3 Fahrerassistenzsysteme für Komfort und Sicherheit

Auf Basis dieser Sensoren lässt sich eine Vielzahl von Fahrerassistenzsystemen realisieren; Bild B6 zeigt eine Übersicht. Wegen der relativ hohen Kosten der prädiktiven Fahrerassistenzsysteme und der geringen Bereitschaft der Fahrzeugkäufer, für Sicherheitssysteme viel Geld auszugeben, erfolgt die Einführung der prädiktiven Fahrerassistenzsysteme zunächst schwerpunktmäßig über Komfortsysteme. Unter Nutzung der gleichen Sensoren können aber dann sukzessive neue Sicherheitsfunktionen erschlossen werden. Hierbei wird es auch zu einer Fusion der Daten verschiedener Sensoren kommen, um die Relevanz von Hindernissen mit hoher Zuverlässigkeit beurteilen zu können. Dies wird umso wichtiger je intensiver die Fahrzeugeingriffe erfolgen. Ein Beispiel für ein solches Migrationskonzept vom Komfortsystem (ACC) zum Sicherheitssystem (PSS) wird im folgenden Kapitel beschrieben.

B.3.1 Adaptive Cruise Control (ACC)

Der adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler (ACC, Adaptive Cruise Control) wurde vor etwa 6 Jahren in den Markt eingeführt. Der Radarsensor erfasst vorausfahrende Fahrzeuge, ermittelt deren Geschwindigkeit und hält durch Steuerung von Motor und Bremse den gewünschten Abstand zum Vordermann ein. Die Sensor Control Unit (SCU) stellt, als Herzstück des ACC-Systems, wegen ihrer zuverlässigen und raschen Hindernisdetektion und ihrer Präzision bei der Messung von Abstand und Relativgeschwindigkeit die wichtigste Basis für die Weiterentwicklung dar.

Bei zu hoher Annäherungsgeschwindigkeit wird der Fahrer gewarnt. Das ACC-System kann vom Fahrer jederzeit durch Betätigung des Gaspedals überstimmt oder durch ein kurzes Antippen des Bremspedals abgeschaltet werden, Bild B7.

ACC in der heutigen Ausprägung funktioniert bei Geschwindigkeiten oberhalb 30 km/h bis etwa 200 km/h. Die nächste Stufe der Funktionserweiterung (Serieneinführung in 2006) erfolgt mit der Funktion ACCplus, Bild B8. Sie erlaubt es, das Fahrzeug bis zum Stillstand abzubremsen. Beim wieder Anfahren genügt es, das Gaspedal zu betätigen um ACC zu reaktivieren.

Das heutige ACC ist als Komfortfunktion ausgelegt, das den Fahrer bei seiner Arbeit entlastet. Seit 2005 erweitert Bosch ACC als Bestandteil der „Predictive Safety Systeme“ (PSS) zum Sicherheitssystem.

B.3.2 Prädiktive Sicherheitssysteme (Predictive Safety Systems, PSS)

Die GIDAS-Datenbank [2] sagt aus, dass lediglich in 1% der Unfälle tatsächlich eine Vollbremsung erfolgt. In etwa 45% der Kollisionen wird nur eine Teilbremsung durchgeführt, während in über 50% der Unfälle gar nicht oder nur sehr schwach gebremst wird, s. Bild B9. Bild B10 zeigt, wo prädiktive Sicherheitssysteme unterschiedlicher Systemausprägung situationsgerecht eingreifen können um Unfälle zu vermeiden oder Unfallfolgen zu mindern indem das Bremsverhalten des Fahrers unterstützt, beschleunigt oder durch einen Rechnereingriff vorgenommen wird. Sie werden stufenweise eingeführt (Bild B11):

- Stufe 1: Unterstützung bei der optimalen Vollbremsung, Predictive Brake Assist (PBA)

In der ersten Stufe bereitet das System die Bremsanlage auf eine mögliche Notbremsung vor wenn das ACC-Radar eine Gefahrensituation erkannt hat. Hierzu baut es Bremsdruck auf, legt die Bremsbeläge unmerklich an die Scheiben an und passt den hydraulischen Bremsassistenten an. Der Fahrer gewinnt so wichtige Sekundenbruchteile beim

Ansprechen der Bremse. Macht er eine Notbremsung, erhält er die schnellstmögliche Bremsreaktion bei optimalen Verzögerungswerten und damit den kürzestmöglichen Anhalteweg. Kommt es zu einem Unfall, kann das System die Folgen mildern und dabei auch Leben retten. PBA wurde 2005 in Serie eingeführt.

- Stufe 2: Warnung bei drohenden Auffahrunfällen, Predictive Collision Warning (PCW)

PCW hilft in solchen Fällen bei denen die Fahrer ungebremst auf ein Hindernis aufgefahren wären. Das Predictive Safety System der 2. Generation bereitet nicht nur die Bremsanlage vor (Funktionsumfang von PBA), es warnt den Fahrer zudem rechtzeitig vor kritischen Verkehrssituationen und kann damit in vielen Fällen Unfälle verhindern. Dazu löst das System einen kurzen, starken Bremsruck aus. Wie Fahrerstudien gezeigt haben, lenkt eine solche haptische Warnung die Aufmerksamkeit des Fahrers mit der kürzesten Reaktionszeit auf das Fahrgeschehen. Alternativ oder zusätzlich kann das System den Fahrer durch ein kurzes Anziehen der Sicherheitsgurte alarmieren. Die Serieneinführung erfolgt in 2006.

- Stufe 3: Notbremsung bei unvermeidbaren Kollisionen, Predictive Emergency Braking (PEB)

Die dritte Ausbaustufe des Predictive Safety Systems erkennt eine unvermeidbare Kollision mit einem vorausfahrenden Fahrzeug. In diesem Fall löst es eine automatische Notbremsung mit maximaler Fahrzeugverzögerung aus. Damit reduziert es insbesondere die Schwere eines Unfalls, wenn der Fahrer nicht oder nur unzureichend auf die vorausgegangenen Warnungen reagiert hat. Die automatische Steuerung der Fahrzeugfunktion verlangt eine sehr hohe Sicherheit bei der Erkennung von Objekten und der Abschätzung des Unfallrisikos, beispielsweise durch Kombination mit Videosensoren, die die Radarsensorik unterstützen. Zudem ist es erforderlich, die rechtlichen Voraussetzungen für den Einsatz des Systems im öffentlichen Straßenverkehr zu schaffen [3, 4].

B.4 Unfallvermeidungspotenzial

Eigene Berechnungen und Abschätzungen zeigen auf, dass allein mit den beiden erstgenannten PSS-Funktionen PBA und PCW in Deutschland mehr als 1.200 Menschenleben pro Jahr gerettet werden könnten.

Im Auftrag der EU wurde die SEiSS-Studie (SEiSS = Socio Economic Impact of Safety Systems) unter Federführung von der VDI/VDE IT GmbH, Berlin und der Universität Köln durchgeführt (www.escope.info). Die Studie gibt eine Abschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens einiger Fahrerassistenzsysteme in Form von Kosten- / Nutzenfaktoren. Hierbei wird nicht nur das direkte Unfallvermeidungspotenzial abgeschätzt, sondern es wurden auch Werte für volkswirtschaftlichen Schaden durch unfallbedingte Wartezeiten und dadurch bedingten zusätzlichen Treibstoffverbrauch ermittelt, s. Bilder B12 bis B17. Die Studie wird momentan noch auf weitere Fahrerassistenzsysteme erweitert.

Ebenfalls im Auftrag der EU-Kommission wurde im Rahmen des Safety Forums der „Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group“ erstellt. Er basiert auf der SEiSS-Studie, beinhaltet ebenfalls Angaben zu Unfallvermeidungspotenzialen und spricht eine Empfehlung für die Einführung von Systemen mit dem höchsten volkswirtschaftlichen Nutzen aus. Bei Drucklegung lag der Report noch als Entwurf vor. Die Bilder B18 bis B20 zeigen Auszüge aus dem Bericht, Bild B21 fassen die Empfehlungen der Kommission zusammen.

B.5 Ausblick

Wie Prognosen zeigen, können mit Fahrerassistenzsystemen allein durch eine Vorverlagerung der Fahrerreaktion zahlreiche Kollisionen vermieden werden, durch vorausschauende Sicherheitssysteme ist das Potenzial noch deutlich höher. Zur Ausschöpfung dieses Potenzials ist Predictive Safety zentraler Bestandteil der Sicherheitsstrategie von Bosch.

Die Einführung von Fahrerassistenzsystemen erfolgt zunächst über Komfortsysteme. Diese Fahrer unterstützenden Systeme warnen ihn vor Gefahren im Fahrzeugumfeld und/oder schlagen Fahrmanöver vor. Systeme zur Fahrzeugführung erschließen, ausgehend von ACC, die vollständige Längsführung auch bei sehr hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten. Diese Systeme basieren auf Radar mit seinen herausragenden Eigenschaften zur schnellen Messung von Zielentfernung und Relativgeschwindigkeit. Später wird Radar durch Videodaten unterstützt. Durch gleichzeitige Nutzung der Sensoren für Funktionen der aktiven und der passiven Sicherheit ergeben sich wertvolle Synergien, Bild B22.

Der unfallfreie Straßenverkehr wird nach unserer Einschätzung eine Vision bleiben. Aber wir sehen zahlreiche Maßnahmen zur schrittweisen Einführung von Komfort- und Sicherheitssystemen, die maßgeblich zum entspannteren Fahren, zur Milderung von Unfallfolgen und zur Vermeidung von Unfällen beitragen können. Die EU hat mit dem e-safety-Programm die richtige Initiative ergriffen. Fahrzeughersteller und Zulieferer haben die Herausforderung aufgegriffen und entwickeln prädiktive Sicherheitssysteme, die die positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, die mit passiven Sicherheitssystemen und mit ESP schon erzielt wurden, weiter beschleunigen [5, 6].

Literatur

Teil A:

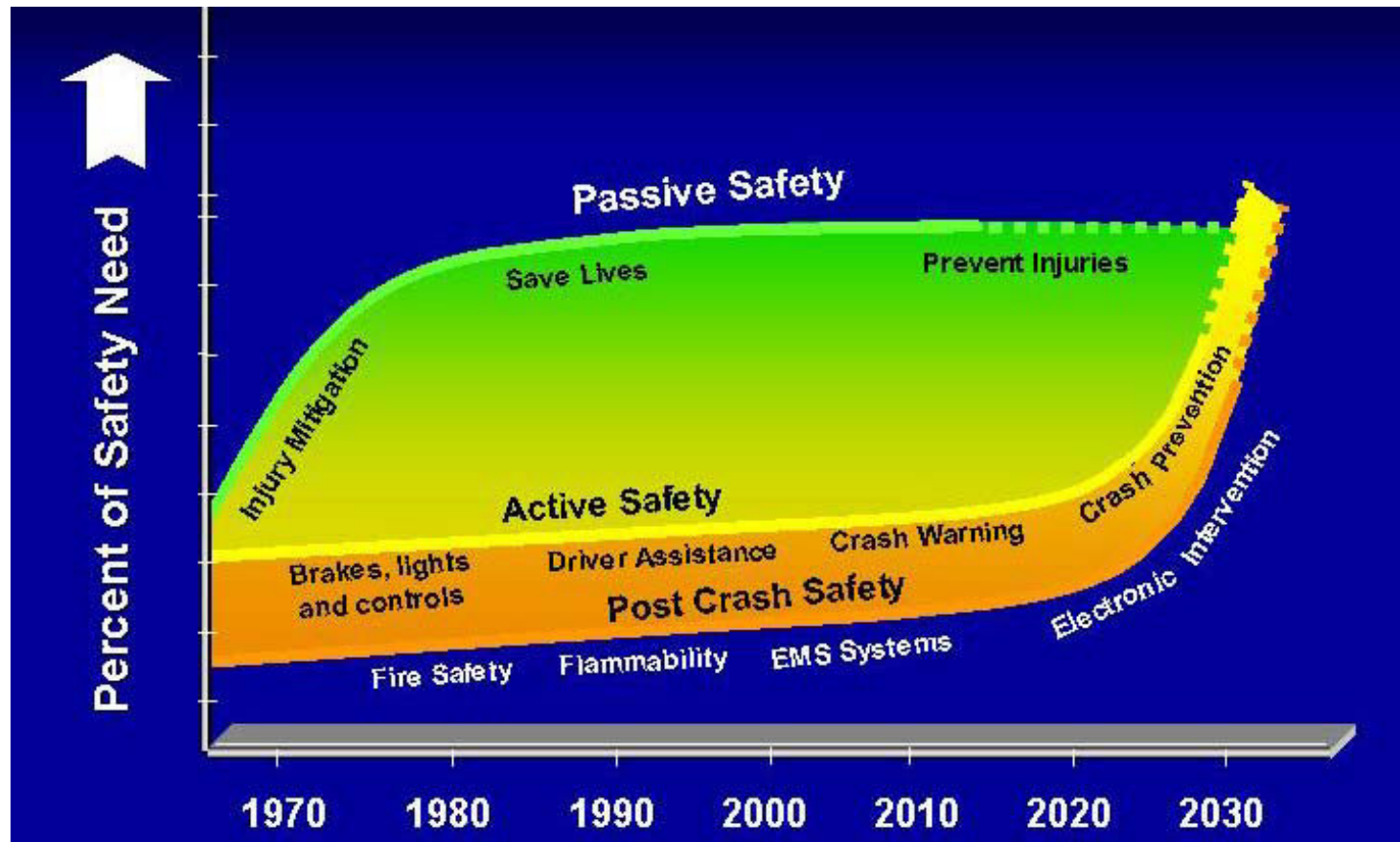
- [1] van Zantem, A.; Erhardt, R.; Pfaff, G. "ESP – Die Fahrdynamikregelung von Bosch" / ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 96 (1994), 11
- [2] Müller A. et. Al. "Das neue Fahrsicherheitssystem ESP von Mercedes Benz" ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 96 (1994) 11
- [3] European Commission/ Weißbuch der Europäischen Kommission, "Ziele für die Unfallentwicklung bis 2010",/Brussels 2003
- [4] Statistisches Bundesamt Wiesbaden / "Verkehrsunfälle 2003" / Fachserie 8 Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart
- [5] GDV : Retrospektive Sicherheitsanalysen von Pkw-Kollisionen mit Schwerverletzten (RESIKO), München, Oktober 1998
- [6] Langwieder, K.: "Characteristics of Car Accidents in the Pre-Crash-Phase" JSAE Technical Paper no. 9932539/1999
- [7] Langwieder, K. "Mit ESP schwere Unfälle vermeiden oder mildern. ESP Workshop, Bosch/10.11.1999/Boxberg/Germany
- [8] Zobel, R.; Friedrich, H.; Becker, H.: "Accident Research with Regard to Crash Avoidance" Transactions/Vehicle Safety 2000 Conference, / London, June 2000
- [9] Sferco, R.; Page, Y.; LeCoz, J.Y.; Fay, P.: Potential Effectiveness of the Electronic Stability Programs (ESP – What European Field Studies Tell Us", 17th International ESV Conference, Amsterdam, June 2001
- [10] Yamamoto A., Kimura Y.: "Influence of ABS on Rollover Accidents", 15. ESV-Conference, Paper 96-55-O-04, Washington 1996
- [11] Daimler-Chrysler: Durch ESP jährlich über 20.000 schwere Unfälle weniger Pressemeldung Dr.Th. Weber, November 2004
- [12] M.Rabe: "Zukünftige Mobilität" 5. Symposium Automatisierungs- und Assistenzsysteme/Gesamtzentrum für Verkehr, Braunschweig, VW Konzernforschung (GZVB), Februar 2003
- [13] Langwieder, K.; Gwehenberger, J.; Hummel, Th. "Benefit Potential of ESP in Real Accident Situations involving Cars and Trucks"/18th International, ESV Conference/Nagoya, May 2003
- [14] Aga, M.; Okada, A.: "Analysis of Vehicle Stability Control Systems (VSC) Effectiveness from Accident Data"/18th International ESV Conference/ Nagoya, May 2003

- [15] Tingvall, C.; Krafft, M.; Kullgren, A.; Lie A./"The Effectiveness of ESP in Reducing Real Life Accidents"/18. International ESV Conference Nagoya, May 2003
- [16] Langwieder, K./"Die Rolle aktiver Fahrzeugsicherheitssysteme im realen Unfallgeschehen", Continental Safety Offensive, Berlin, 25.06.2003
- [17] Papelis, Y.E.; Brown, T.; Watson, G.; Holtz, D.; Pan, W./"Study of ESC Assisted Driver Performance Using a Driving Simulator", University of Iowa, Doc.N04-003-PR SAE World Congress, Detroit, March 2004
- [18] Langwieder, K.; Gwehenberger, J.; Hummel, Th./"International Field Experiences with Electronic Stability Programs (ESP) in Cars", FISITA Conference, Paper F2004 V013 Barcelona, May 2004
- [19] Unselt, Th.; Breuer, J.; Eckstein, L.; Frank, P./"Avoidance of Loss of Control Accidents through the Benefit of ESP", FISITA-Conference, F2004 V295, Barcelona, 05/2004
- [20] Becker, H.; Busch, S.; Zobel, R./"Methods for the Evaluation of Primary Safety Measures By Means of Accident Research", FISITA Conference, Barcelona, May 2004
- [21] Becker, H.; Donner, E.; Graab, B.; Zobel, R./"In-Depth Erhebungen und Einzelfallanalysen - Fahrsicherheit im VW Konzern", Dresdener Tagung „Verkehrssicherheit interdisziplinär“, Juni 2003
- [22] Zobel, R./"VW ESP Workshop"; Ehra-Lessien, Juli 2004
- [23] NHTSA, Dang, J./"Preliminary Results Analysing the Effectiveness of Electronic Stability Control Systems (ESC), Evaluation Note, DOT HS 809 790, Sept. 2004
- [24] Grömping, U.; Menzler, S.; Weimann, U./"Split Register Study: A New Method for Estimating the Impact of Rare Exposure on Population Accident Risk, based on Accident Register Data"; ESAR-Conference, Hannover, September 2004
- [25] Page, Y.; Cuny, S./"Is ESP Effective on French Roads?", LAB Renault/Peugeot, Ceasar, France, September 2004
- [26] Farmer, Ch.R./"The Effect of Electronic Stability Control", Insurance Institute for Highway Safety, publ. Traffic Injury Prevention 5:4(317-25), October 2004
- [27] Gwehenberger, J.; Meewes, V.; Kiebach, H./"Unfälle mit Kleintransportern", GDV-VTIV Forschungsbericht 04/04, Oktober 2004
- [28] Rollover Study, University of Michigan, Transportation Research Institute, TRW Automotive, Dezember 2004
- [29] Kreiss, J.P.; Schüler, L.; Langwieder, K./"SARAC Subtask 3.1: Electronic Stability Control-Systems, Preliminary Report, TU Braunschweig, Januar 2005

Teil B:

- [1] Enke, K./"Possibilities for Improving Safety within the Driver Vehicle Environment Loop", 7th Intl. Technical Conf. on Experimental Safety Vehicle, Paris (1979)
- [2] GIDAS: Datenbank: <http://www.gidas.org/>
- [3] Schäfer, B.-J./"Prädiktive Fahrerassistenzsysteme – vom Komfortsystem zur aktiven Unfallvermeidung, VDI-Konferenz, Wolfsburg (2004)
- [4] Seger, U.; Knoll, P.M.; Stiller, C./"Sensor Vision and Collision Warning Systems", Convergence, Detroit (2000)
- [5] Knoll, P.M.; Sailer, U./"How Driver Assistance Systems Pave the Way to the Safety Vehicle, ATA EL 2004 Conference, Parma (2004)
- [6] Knoll, P.; Schaefer, B.-J.; Guettler, H.; Bunse, M.; Kallenbach, R./"Predictive Safety Systems – Steps Towards Collision Mitigation, SAE 2004 Paper # 04AE-30

Prioritäten der Sicherheitsentwicklung von Fahrzeugen



Forschung zur passiven Sicherheit

Zusammenhang Unfallintensität, Fahrzeugdeformation und Verletzungsfolgen



Schwere Frontalkollision mit Deformation der Fahrgastzelle



Angegurteter Fahrer erleidet nur leichte Verletzungen

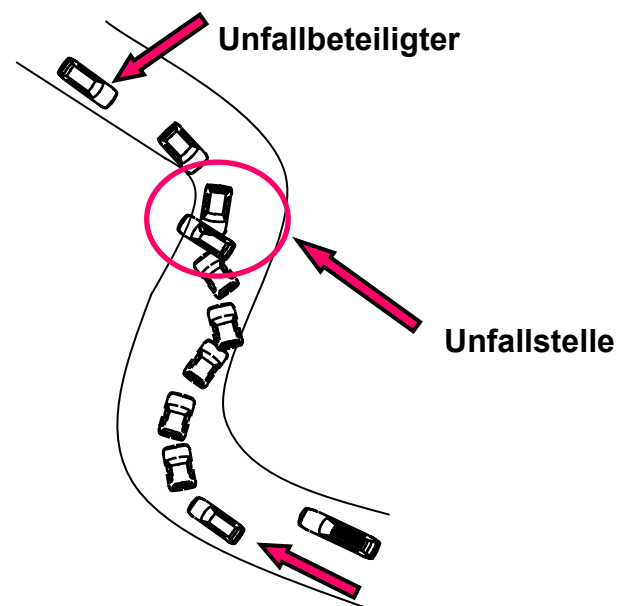
Typische Seitenkollision nach Schleuderunfall



Unfallbeteiligter: geringe Verletzungen



Unfallverursacher: tödliche Verletzungen



Unfallverursacher ist am Ende des Überholvorganges ins Schleudern geraten

Internationale Studien zu ESP

ESP saves lives



GDV (1998)



Swedish National Road Administration (2002)



DaimlerChrysler (2002, update May 2004)



Toyota (Mai 2003)



GDV (Mai 2003)



EACS (Juni 2003)



Volkswagen (Februar 2004)



University of Iowa (März 2004)



Ford (September 2004)



NHTSA (September 2004)



LAB (September 2004)



GDV (Oktober 2004)











IIHS (Oktober 2004)



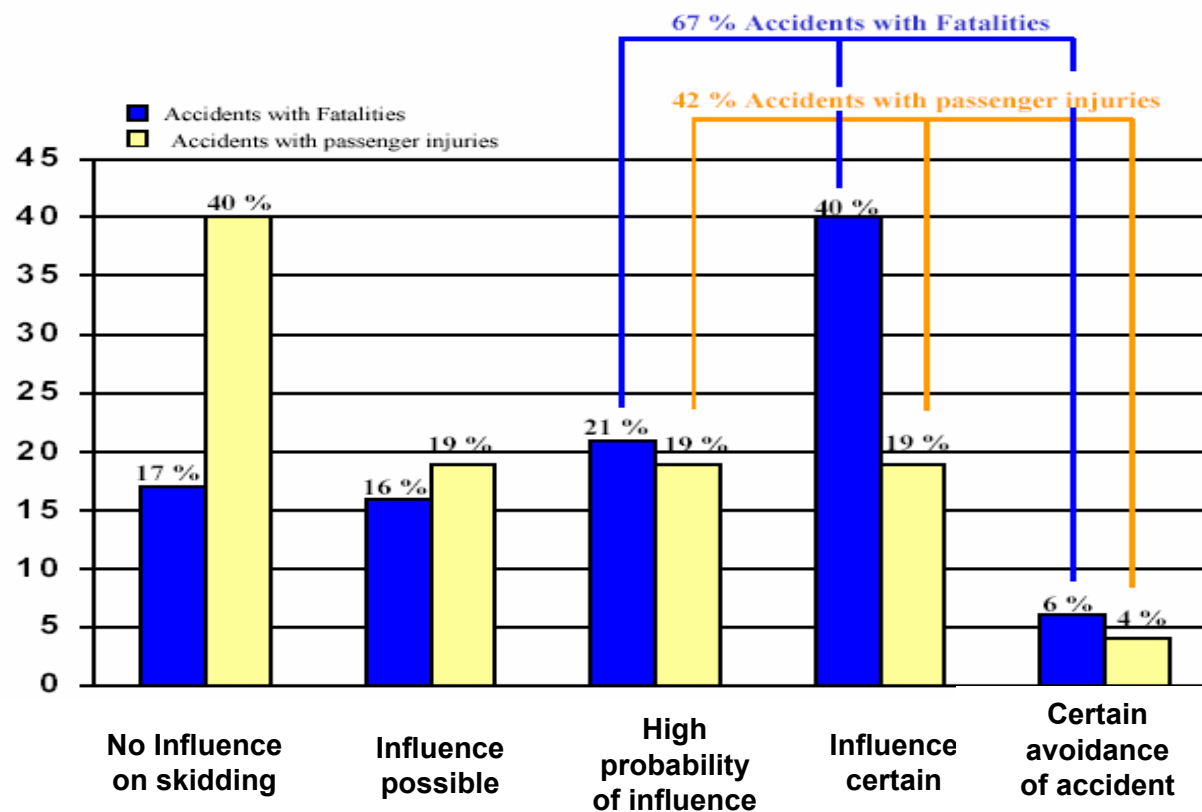
EU/CEA SARAC (Januar 2005)



Internationale Studien Häufigkeit von Schleuderunfällen (ESP sensitive Unfälle)

			Alle Unfälle mit Verletzten	Besonderheiten	Tödliche Unfälle
	GDV	[18]	25%	40-60% Alleinunfall	35-40%
	DaimlerChrysler	[19]	21%	e	43%
	Ford	[24]		48,5% Schwere Unfälle	
	Volkswagen	[20]			40%
	EACS	[9]	18%		34%
	Toyota	[14]	20%	40-65% Alleinunfall	
	Schweden	[15]	18%	e	34%
	LAB	[25]	20%		40%

Abschätzung der Auswirkung von ESP EU Indepth Forschungsstudie EACS



Quelle: EU Indepth Forschungsstudie EACS

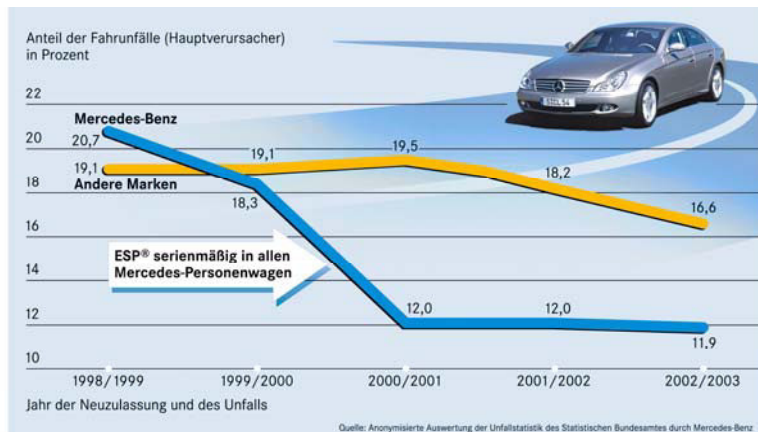
Effizienzuntersuchung von ESP aus Realunfällen

Studie	Zeitraum	Rückgang Fahrunfälle	ESP sensitive Unfälle	alle Unfälle
DaimlerChrysler [11]	2002, u. Mai 2004	- 42%		
Toyota [14]	Mai 2003	- 50%		
VW [20]	Februar/Mai 2004	- 40,7%		
NHTSA [23]	September 2004	PKW: - 35,9% SUV: - 67%		
IIHS [26]	Oktober 2004	- 41%		- 7%
EU/CEA SARAC [29]	Januar 2005		- 32%	- 6%
LAB Renault/Peugeot [25]	Mai 2003		- 44%	- 16%
SRA Schweden [15]	Mai 2003			- 22%*
VW [20]	Mai 2004		- 44,7%	
Ford [24]	September 2004		- 44,1%	

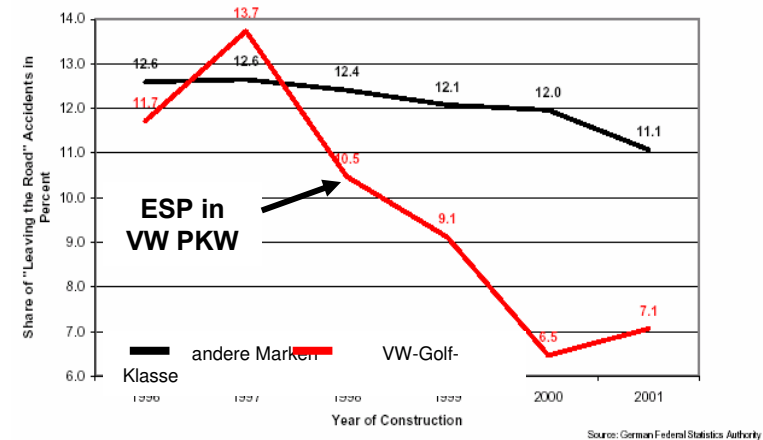
* ohne Auffahrunfälle

Sicherheitseffekt durch Einführung von ESP

Fahrunfälle: Dank ESP® verunglückten Mercedes-Personenwagen seltener

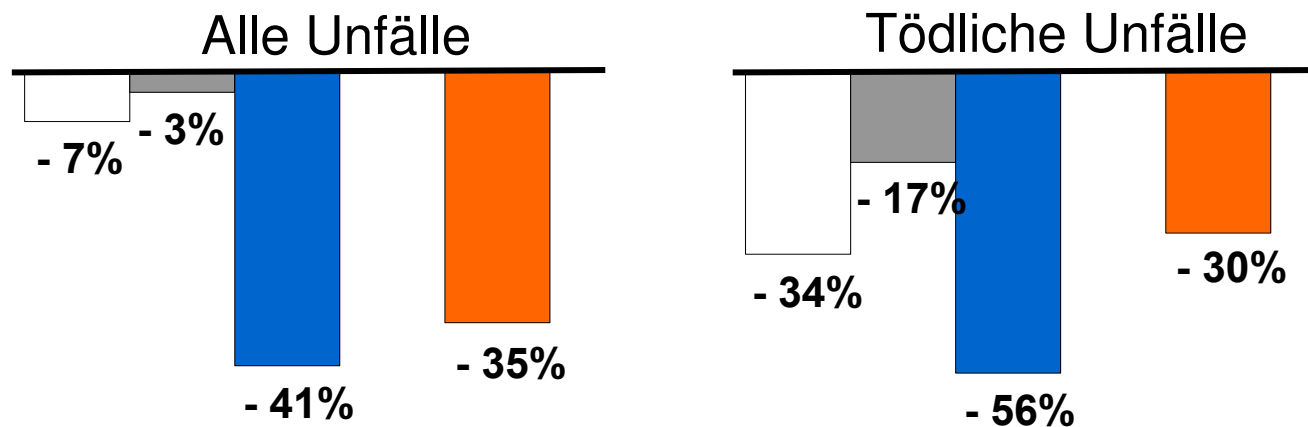


Unfälle „Abkommen von der Straße“ Rückgang der Unfallrate bei VW mit ESP



Quelle: DaimlerChrysler, Volkswagen

US Studien: Einfluss ESP auf Unfallrisiko



IIHS

□ all crashes

■ multiple-vehicle crashes

■ simple-vehicle crashes

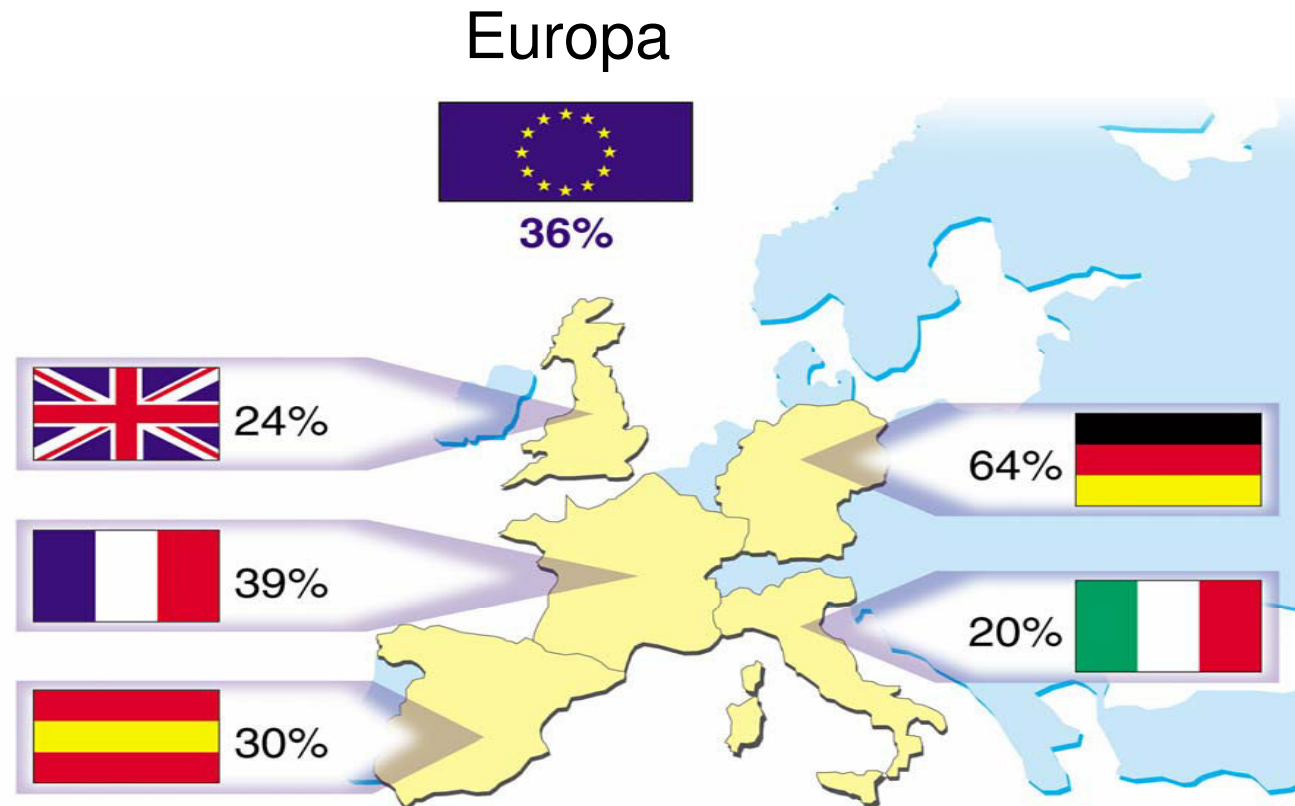
Reduzierung der Unfallrate pro registrierte Fahrzeuge (PKW und SUV) durch ESP

NHTSA

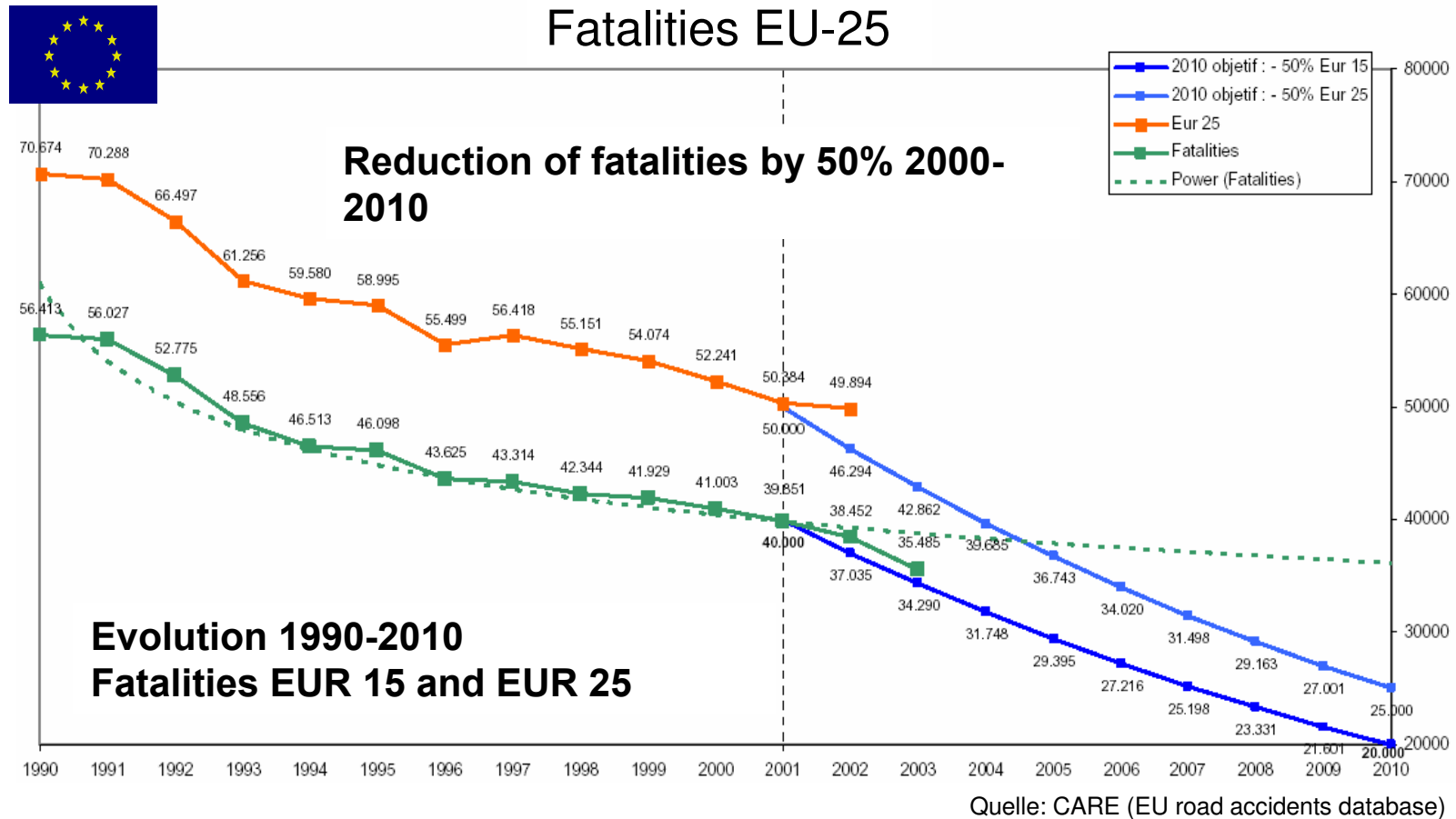
■ single-vehicle crashes

Reduzierung der Unfallrate von Alleinunfällen (PKW und SUV)

ESP-Ausrüstungsraten bei Neufahrzeugen 2004



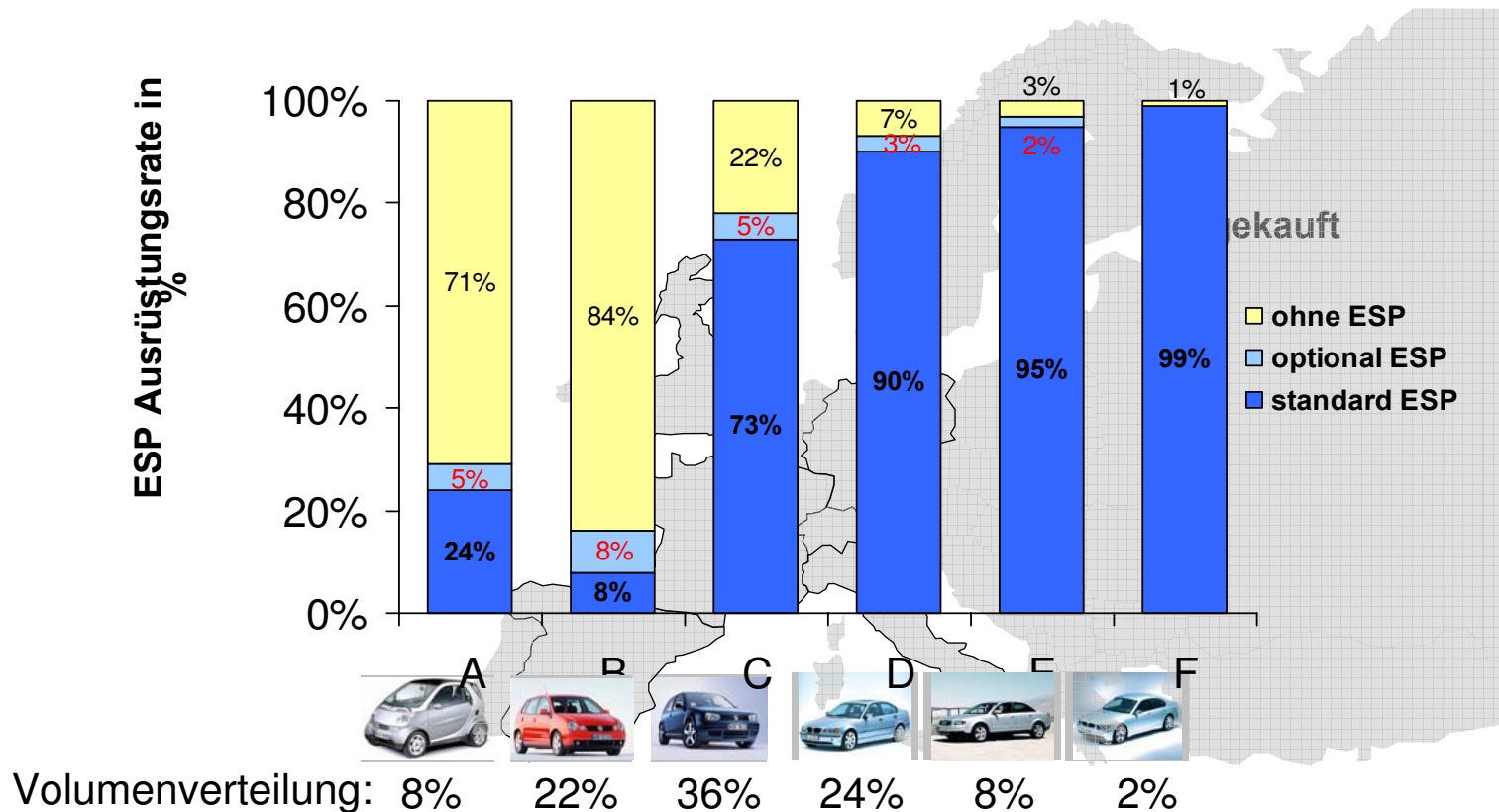
Zielsetzung European Road Safety Action Plan bis 2010



Forderungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

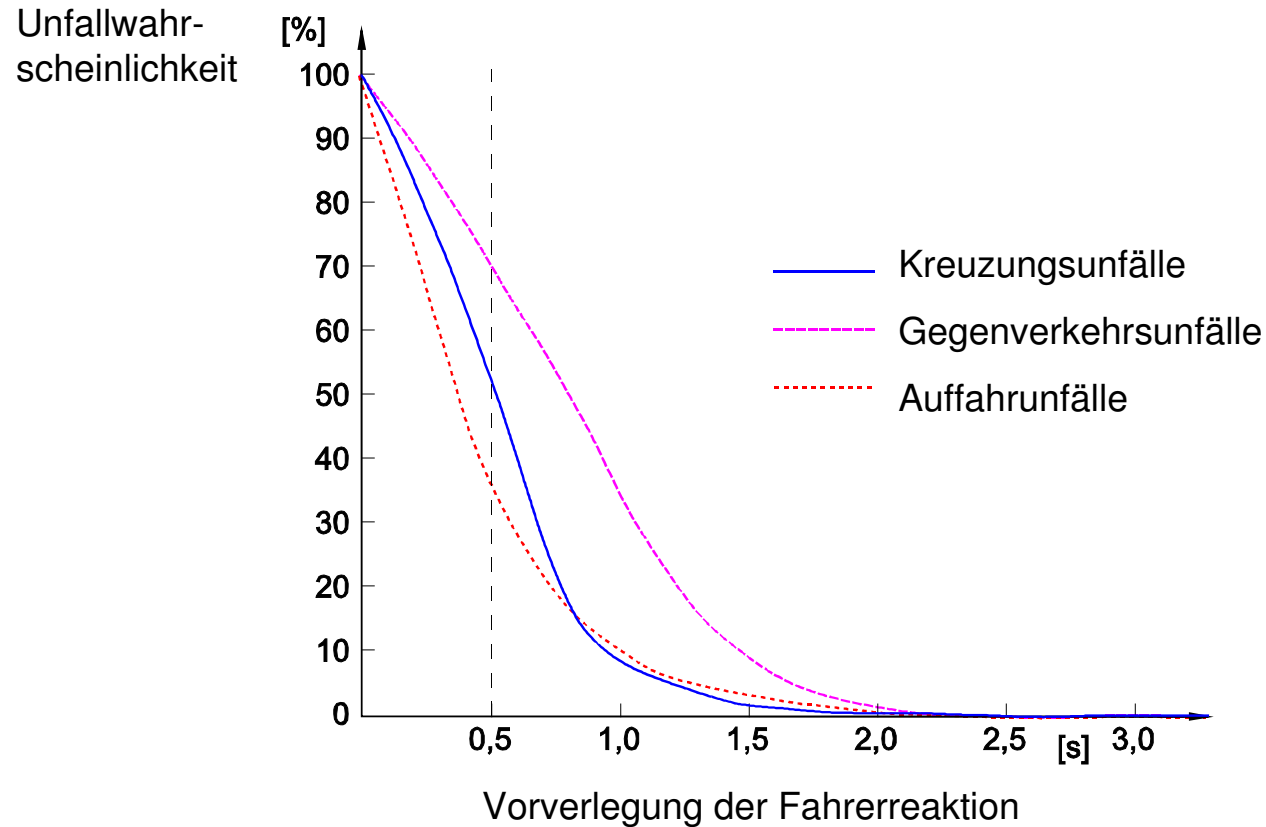
- **Serienmäßige Ausrüstung aller PKW mit ESP, insbesondere der Mittelklasse und Kleinwagen.**
- Serienmäßige Ausrüstung aller Kleintransporter mit ESP inklusive Kippstabilisierung.
- ESP-Ausrüstung aller LKW/Busse. Prüfung einer gesetzlichen Vorschrift von ESP.
- Vorschrift der Ausrüstung aller Gefahrgut-LKW mit ESP.
- Intensivierung der Unfallforschung zu „Accidents Avoidance/Mitigation“.
- Verbesserung und Harmonisierung der europäischen Unfallstatistiken.

ESP-Ausrüstungsraten nach Fahrzeugsegmenten Deutschland 2004



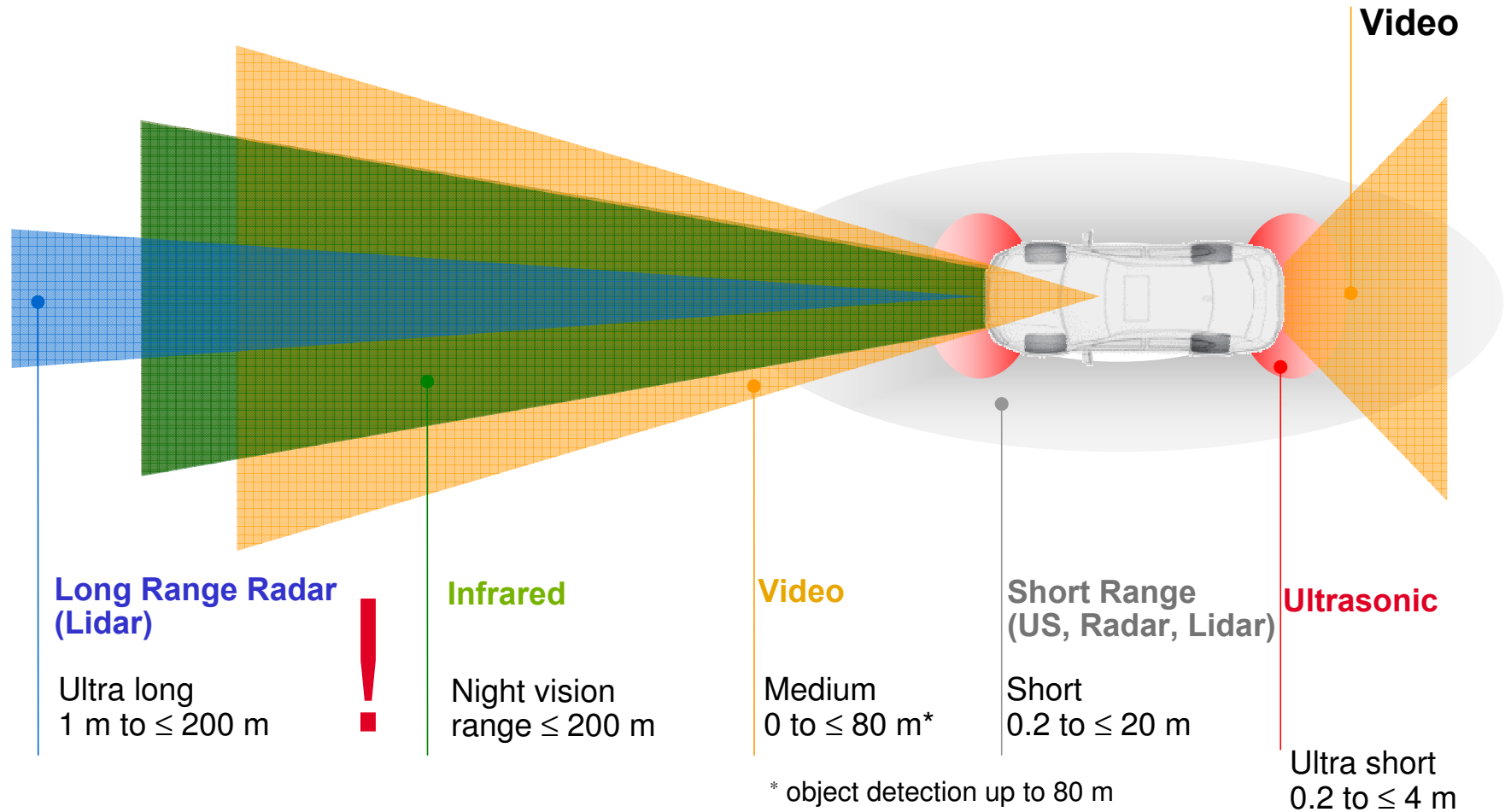
Quelle: Schätzung Bosch

Vorverlegung der Fahrerreaktion und Unfallwahrscheinlichkeit



Detection Ranges of Surround Sensors

Bild B2



LRR is the key technology for safety systems!

Automotive Electronics



BOSCH

Technische Beschreibung

- Messbereich: bis zu 3,00 m
- Öffnungswinkel: horizontal $\pm 60^\circ$
vertikal $\pm 30^\circ$
- Frequenz: ~ 48 kHz
- Stromaufnahme: senden ≤ 500 mA
empfangen $\leq 6,5$ mA
- Gewicht: ca. 20 g

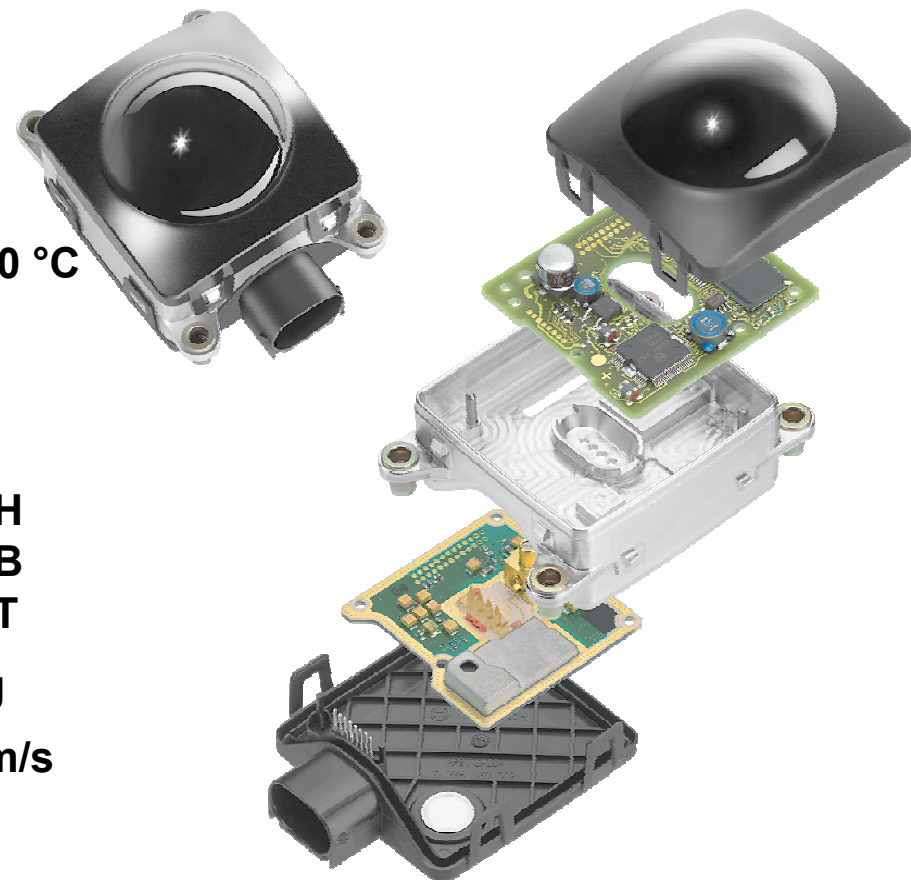


Merkmale

- Anpassbare Sensor-Eigenschaften zur Optimierung des fahrzeugspezifischen Sichtfeldes
- Volumen und Gewicht gegenüber Gen. 3 um etwa 30 % reduziert
- Variable Steckerkonfiguration (modulares Design)
- Sensor-Membran lackiert, verchromt oder eloxiert erhältlich

ACC 2. Generation

- Erfassungswinkel $\pm 8^\circ$
- Abgestrahlte Leistung $< 5 \text{ mW}$
- Temperaturbereich $-40 \text{ to } 90 \text{ }^\circ\text{C}$
- Leistungsbedarf $< 10 \text{ W}$
- Maße:
7.3 cm H
7.0 cm B
6.0 cm T
- Gewicht $< 0.3 \text{ kg}$
- Mehrzielfähigkeit 5 m, 1 m/s
- 4-strahliges FMCW-Radar



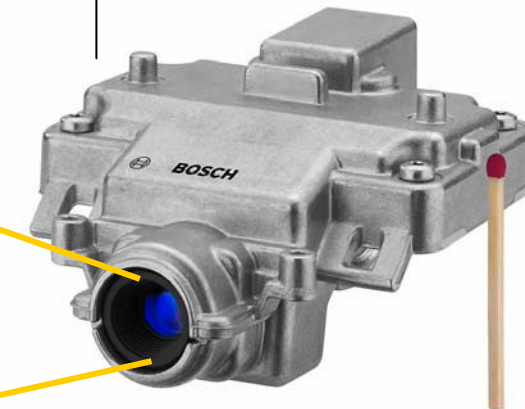
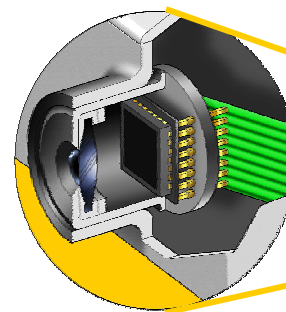
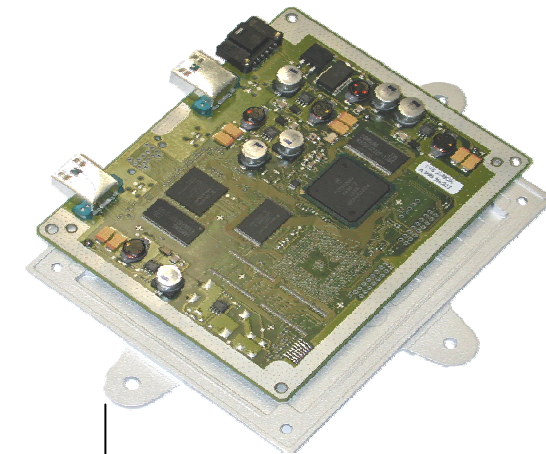
Spezifikationen

- Auflösung $\geq 640 \times 400$ pixel
- Entfernungsbereich Fixfokus, 2m ... ∞
- Erfassungswinkel horizontal $\pm 22.5^\circ$
vertikal $\pm 12.5^\circ$
- Bildverarbeitungszyklus < 40 ms
- Großer Dynamikbereich > 110 dB

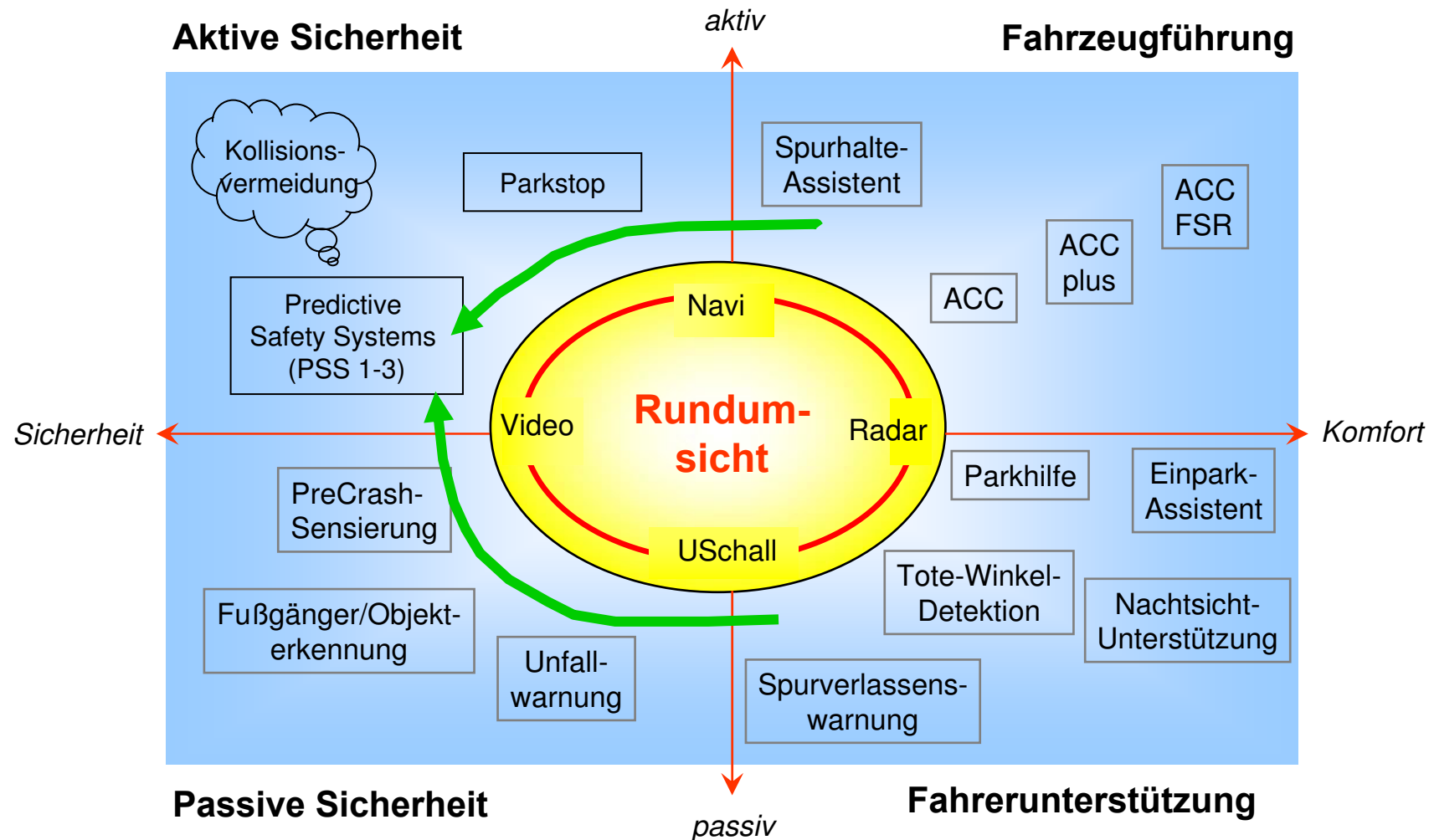
Mögliche Anwendungen

- Spurverlassenswarnung
- Verkehrszeichenerkennung
- Adaptive Lichtverteilung
- Kollisionswarnung / Collision Mitigation*

* in Verbindung mit anderen Sensoren / Systemen



Automotive Electronics



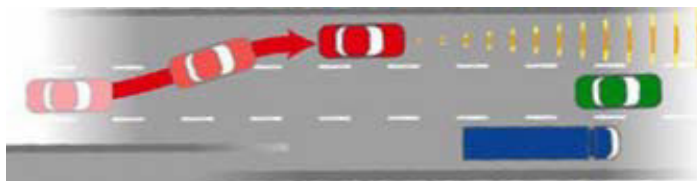
Fahrsituationen



ACC beschleunigt das Fahrzeug automatisch auf die vom Fahrer gewählte Geschwindigkeit.



ACC bremst automatisch ab und folgt dem vorausfahrenden Fahrzeug.

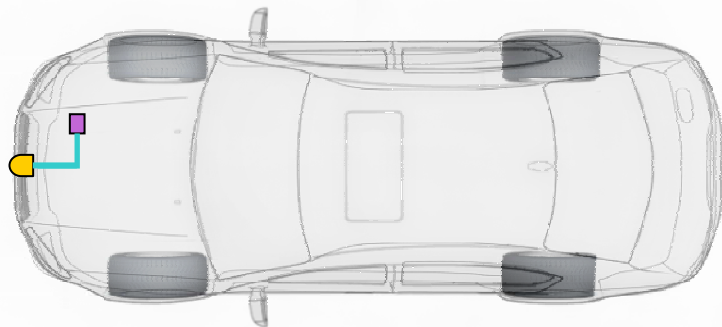


Sobald der Radarsensor kein vorausfahrendes Fahrzeug mehr erfasst, beschleunigt ACC erneut auf die gewählte Geschwindigkeit.

ACCplus: Regelt Abstand bis zum Stillstand

Merkmale:

- Folgefahrt bei allen Geschwindigkeiten von 0 bis ca. 200 km/h
- Bremsen bis in den Stand hinter einem anhaltenden Fahrzeug
- Wieder-Anfahrstrategien:
 - Automatisch nach Fahrerfreigabe
 - Fahrer fährt an; System übernimmt

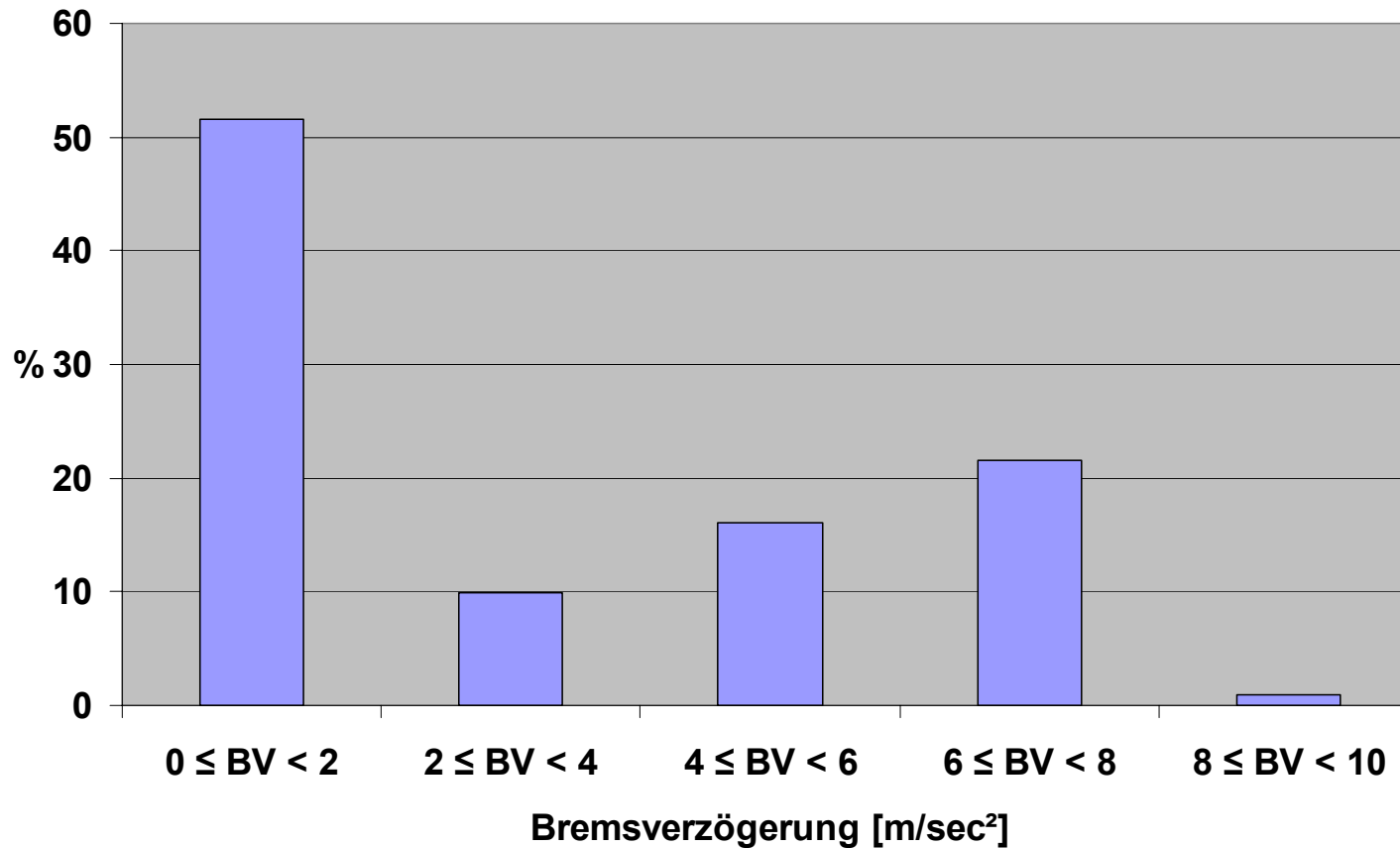


■ Long-Range-Radar (LRR)

■ Komfortoptimiertes Bremssystem

— CAN

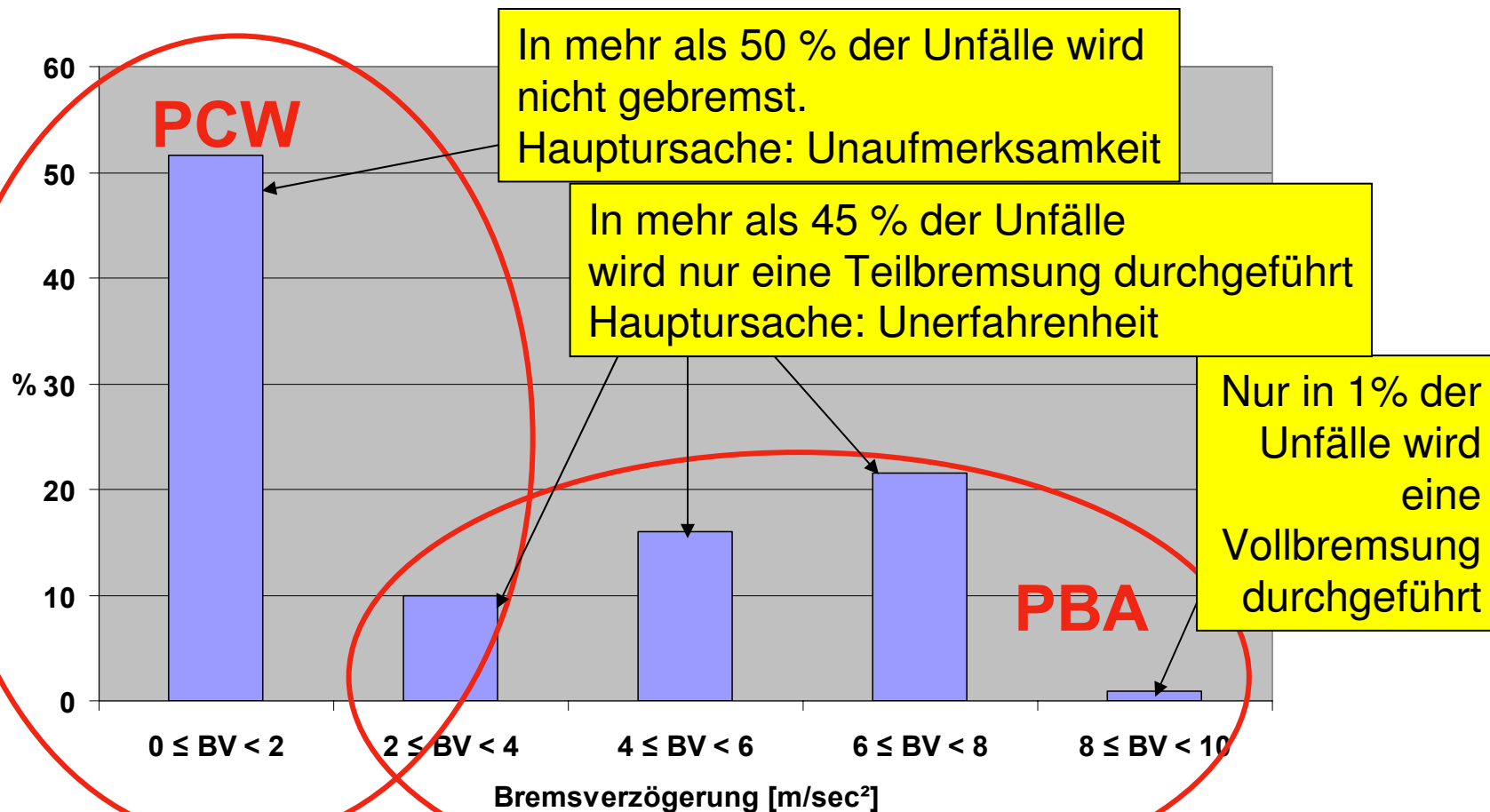
Bremsverzögerung bei Unfällen



Source: GIDAS database, Prof. Langwieder



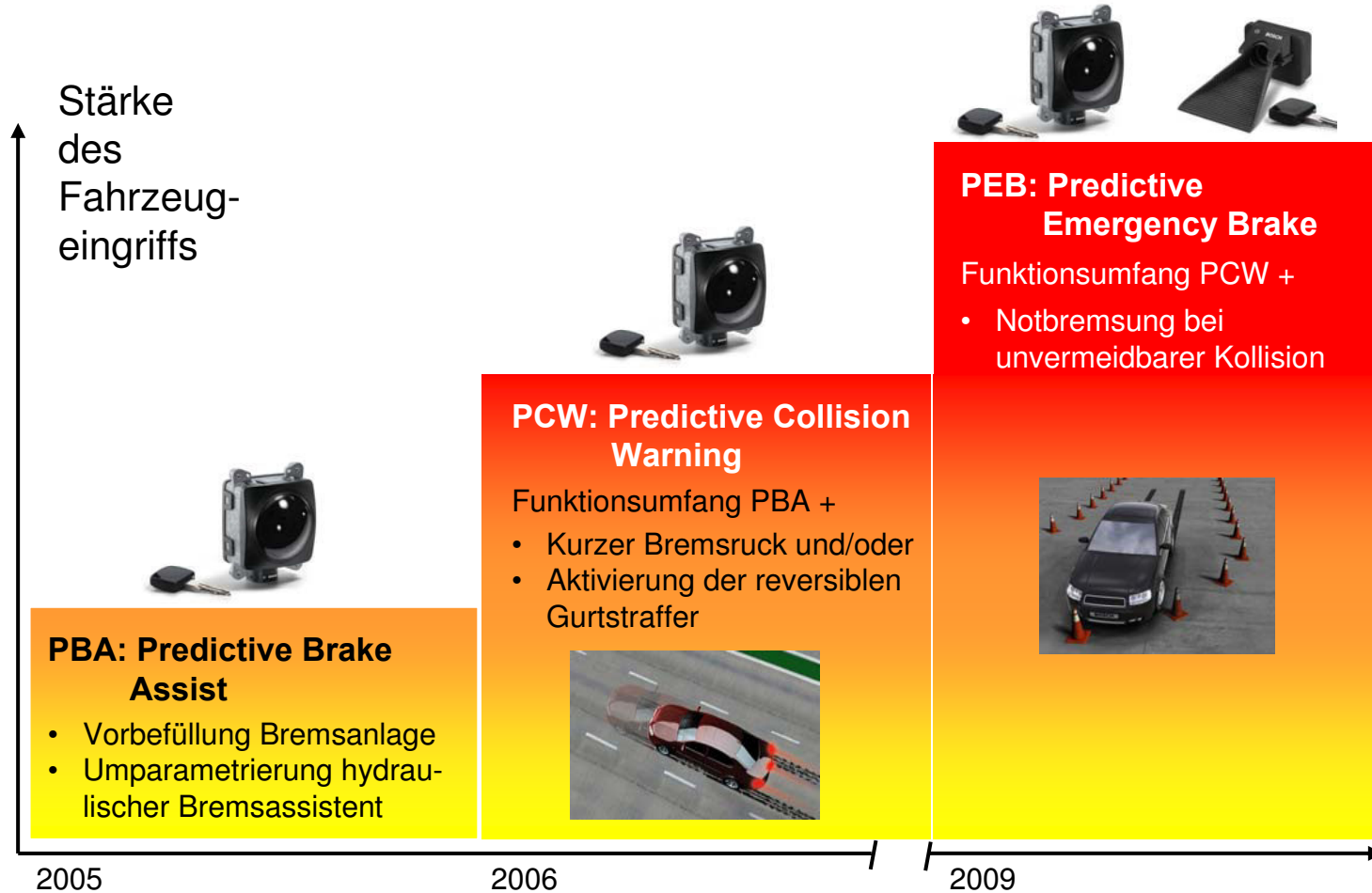
Bremsverzögerung bei Unfällen



Source: GIDAS database, Prof. Langwieder



Einführungsszenario der Predictive Safety Systems



SEISS

Socio-Economic Impact of Safety Systems

from:

Exploratory Study on the potential socio-economic impact
of the introduction of
Intelligent Safety Systems in Road vehicles

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin



SEiSS History

- eSafety Working Group on Road Safety – Final Report (Nov 2002)
→ Recommendation to estimate socio-economic benefits
- Commission Communication “ICT for safe and intelligent Vehicles” (Sept 2003)
→ Announcement of DG INFSO Action for Assessment of Socio-Economic Impacts
- Exploratory Study on the potential Socio-Economic Impact (July 2004-Jan 2005)
→ Focus on
 - methodological framework for socio-economic impact assessment,
 - workability of approach,
 - verification by exemplary case studies

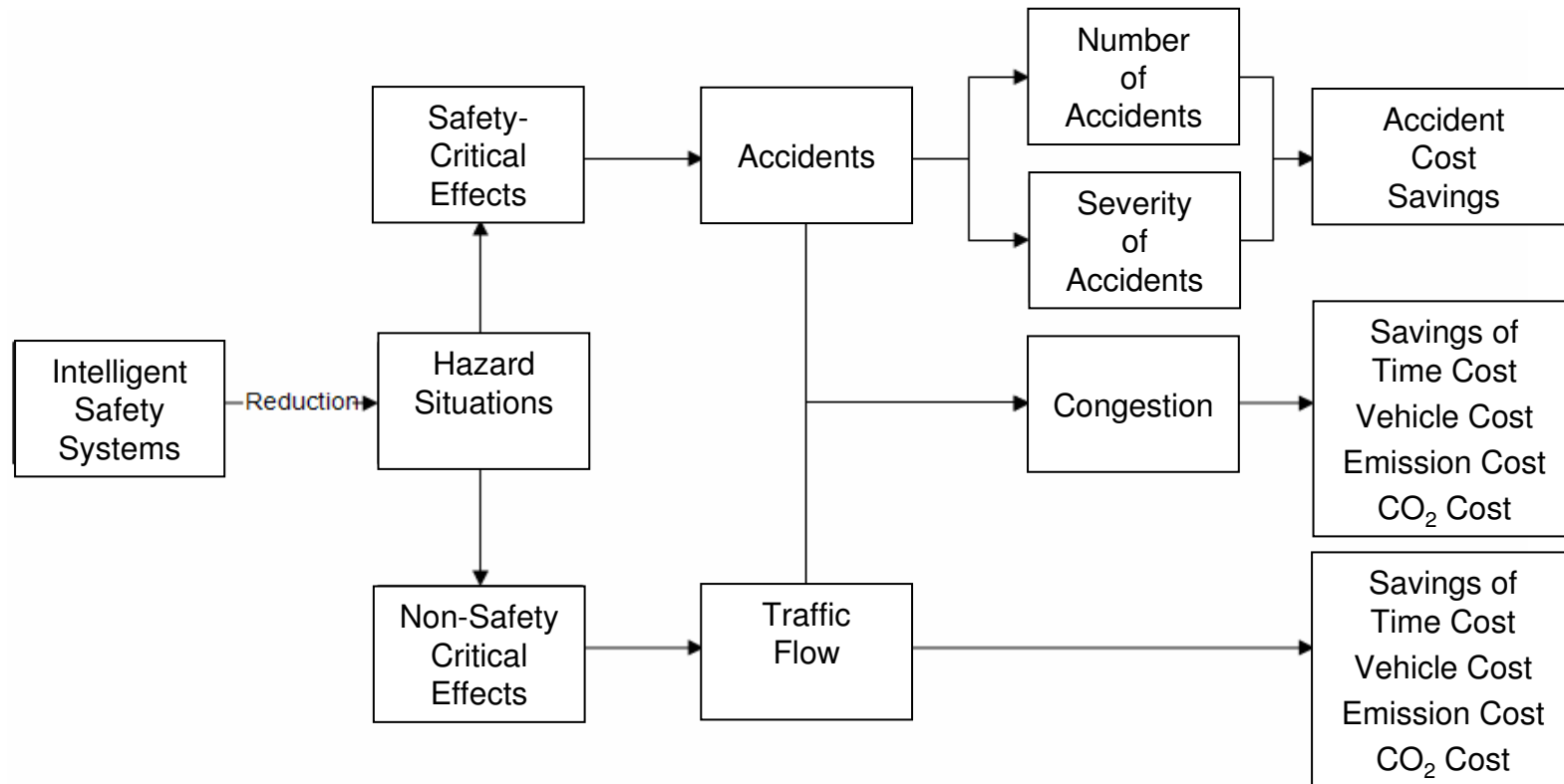
Acronym: SEiSS

Partners: VDI/VDE-IT GmbH (Germany), IfV Köln (Germany)

Source: SEiSS: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2005)

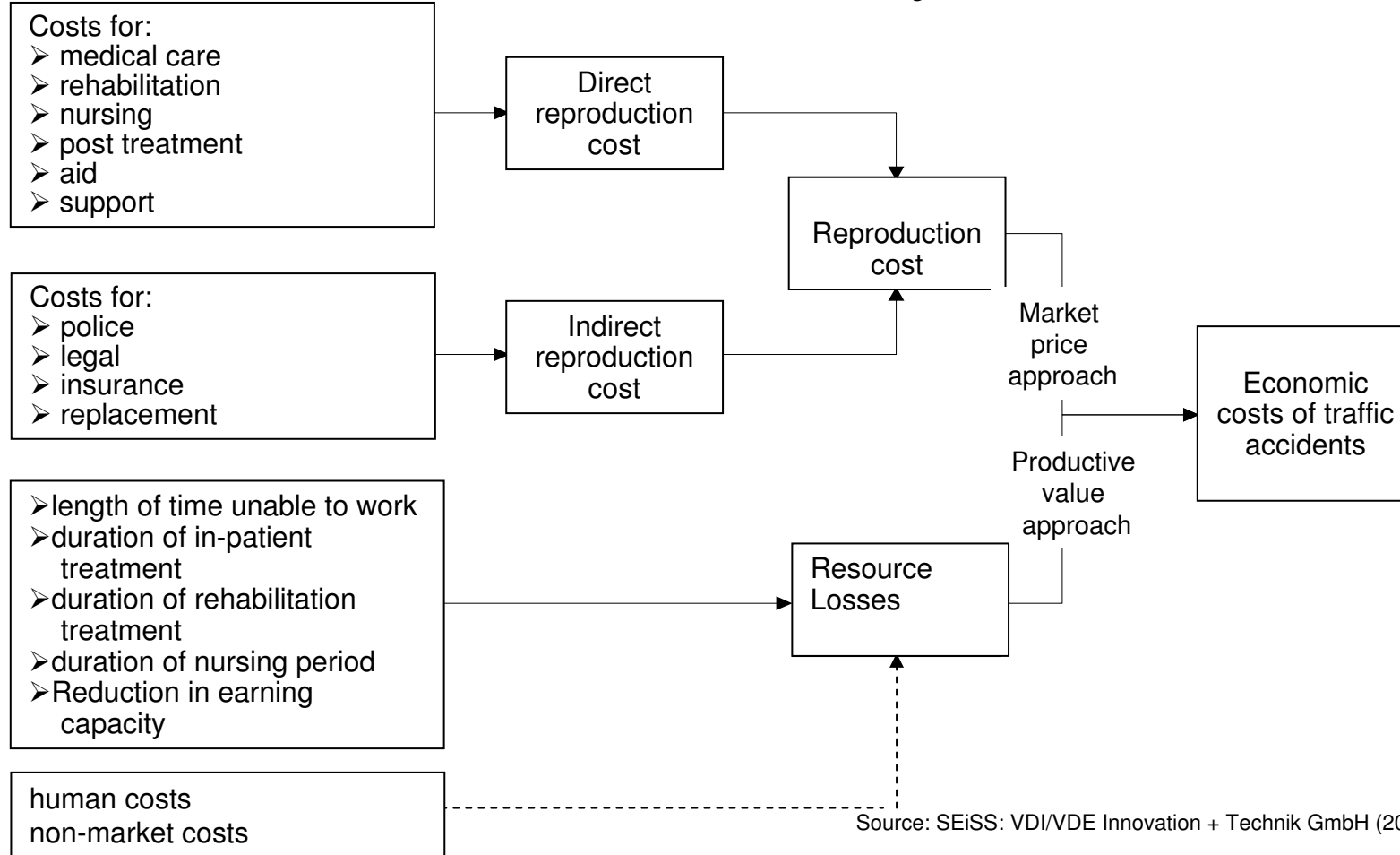


System Impact Channels on avoiding Hazard Situations



Source: SEiSS: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2005)

Elements of Accident Cost Analysis



Benefit-Cost Estimations for selected IVSS

IVSS	Sub-Cases	Estimated Effects in Mill. € per Year		
		Total Benefits	System Costs	Benefit-Cost Ratio
eCall	Low Impact – High Costs	5,870	4,550	1.3
	High Impact – Low Costs	25,900	3,030	8.5
ACC	2010	490	540	0.9
	2020	990	840	1.2
LDW / LCA	2010	173	86	2.0
	2020	1,530	730	2.1

Source: SEiSS: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2005)



Number of Accidents and Casualties Avoided with LDW/LCA

LDW and LCA	Number of Avoided Accidents/Casualties due to Accident Avoidance	
	2010	2020
Number of Accidents	1,442	13,889
Fatalities	51	451
Severe Injuries	293	2,548
Slight Injuries	1,504	13,048

Source: SEISS: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (2005)



Estimation of Accident Reduction Potential

from:

Safety Forum
Draft Final Report and Recommendations of the
Implementation Road Map Working Group



Systems independent of infrastructure facilities

Type of System	Comment	Specific accident reduction (%)
ESP = Electronic Stability Programme	Could influence the group of veer-off accidents. Number of veer-off accidents with personal injuries in Germany 2002: 60,000, some 30,000 (50%) of them due to speed, the remaining 50% by fatigue. Assumed efficiency: 25%	17,5% (70% fleet penetration)
RFT = runflat indicator	Tire Pressure Monitoring System can influence the accident cause of "Technical deficiencies, maintenance deficiencies/tyre set-up". Number of accidents with personal injuries caused by "tyre set-up": 1,500. Assumed efficiency: 100%	70% (70% fleet penetration)
Vision Enhancement	Serves the improvement of obstacle identification at dark. A reduction can be achieved in the number of pedestrians in non-urban areas at dusk/dawn and dark. Number of pedestrians and cyclists with accidents at dusk/dawn and dark 2,500 Assumed efficiency: 25%	17,5% (70% fleet penetration)
AHL = Adaptive Head Lights	Turns with the steering while negotiating curves. May positively influence the number of cyclists and pedestrians with non-urban road accidents at night. Number of pedestrians and cyclists with accidents in non-urban areas at dusk/dawn and dark: 2,500. Assumed efficiency: 25%	17,5% (70% fleet penetration)
AHA = Automatic Headlight Activation	Similarly unknown effects like driving with the headlights on. 'Italian' experiences of the effects are not yet available, however, major progress cannot be expected. Number of accidents with personal injuries caused by 'lighting (only cars)': some 100. Assumed efficiency: 25%	17,5% (70% fleet penetration)

Source: Safety Forum: Draft Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group



Potential of Accidents by Cause

Bild B20

Problem area	Estimated potential
Speed	Intelligent Speed Adaptation (20 %), Speed Camera Control (17%) Variable Speed Limits (5 %)
Alcohol	Alcohol Interlock (18 %)
Safety belt	Seat Belt Reminder (50 %)
Tiredness	Driver Condition Monitoring (4 %)
Meeting	Emergency braking (40 %)
Pedestrian	Night vision (30 %), Pedestrian Reflectors (15 %)
Intersection	Speed Camera Control (12 %), Urban Drive Assistant (10 %)
Road-holding	Lane Keeping Assist / Lane Departure Warning (40 %) Lane Change Assistant (20 %), Emergency Braking (18 %)
Road surface	Outside Temperature Warning (40 %)
Cycling	Night vision (15 %)
Distance-keeping	Urban drive assistant (20 %), ESP (15 %)
Rescue	e-call (40 %)

Source: Safety Forum: Draft Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group

Automotive Electronics



Recommendation of the Road Map Working Group

Vehicle-based systems

- ESP (Electronic Stability Programme)
- Blind spot monitoring
- Adaptive head lights
- Obstacle and collision warning
- Lane departure warning

Infrastructure-related systems

- E-call
- Extended environmental information / Extended Floating Car Data
- RTTI (Real Time Traffic and Travel Information)
- Dynamic traffic management (VMS)
- Local danger warning
- Speed Alert

Source: Safety Forum: Draft Final Report and Recommendations of the Implementation Road Map Working Group



Zusammenfassung

- Die Einführung von Fahrerassistenzsystemen erfolgt mit Komfortsystemen zur Fahrerinformation, Fahrerwarnung und Fahrzeuglängsführung.
- Durch Mehrfachnutzung der Rundumsichtsensoren und durch Sensor-datenfusion werden schrittweise die Sicherheitsfunktionen erschlossen.
- Prädiktive Sicherheitssysteme greifen vorausschauend in die Bremse ein; durch Umparametrieren des Bremsassistenten, durch Warnbremsung und durch Notbremsung.
- Prädiktive Sicherheitssysteme sind stufenweise einsetzbar, wobei jede Stufe ein hohes Potenzial zur Unfallvermeidung und zur Minderung von Unfallfolgen besitzt.
- Der Gestaltung des HMI kommt zur Sicherstellung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen hohe Bedeutung zu.

