

# Sicherheitsgewinn durch ESP

## Internationale Erfahrung aus Realunfällen

Prof. Dr.-Ing. Klaus Langwieder  
Comité Européen des Assurances (CEA), Paris  
Dr. Johann Gwehenberger, Dipl.-Ing. Thomas Hummel  
Verkehrstechnisches Institut der Deutschen Versicherer GDV, Berlin

### 1. Einleitung

Nach langen Jahren einer überaus dynamischen Entwicklung der passiven Schutzsysteme hat nun eine ebenso stürmische Entwicklung von Systemen der aktiven Fahrsicherheit und der elektronischen Fahrerassistenz eingesetzt. Dies bestätigte sich auf der von der US-Verkehrsbehörde NHTSA initiierten weltweiten Konferenz über Fahrzeugsicherheit „Enhanced Safety Vehicles“ (ESV), an der in Nagoya im Mai 2003 über 800 hochrangige Experten teilnahmen. In allen Statusreports der teilnehmenden Regierungen [1] wurde auf die Erwartung an elektronische Fahrerassistenzsysteme, sowohl im Hinblick auf die Reduzierung von Unfällen, als auch auf die Verminderung von Unfallfolgen hingewiesen. Die bisherige Trennung in Maßnahmen der aktiven Fahrsicherheit, das heißt Unfallvermeidung einerseits und die Minderung der Unfallfolgen, das heißt passive Sicherheit andererseits verändert sich. Durch die Vernetzung der Systeme wird ein übergreifendes, integriertes Gesamtkonzept die zukünftigen Fahrzeuge prägen (Bild 1).

Nur mit diesem Gesamtkonzept wird man die ambitionierte Zielsetzung der Europäischen Kommission erfüllen können [2], nach der die Zahl der Getöteten in Europa um 50 % zwischen den Jahren 2000 und 2010 reduziert werden sollte (Bild 2). Der positive Trend der letzten Jahre ist auch in der deutschen Unfallstatistik [3] besonders deutlich mit einer Reduzierung der tödlichen Unfälle von 1990 bis 2001 um 41 % auf rund 7.000 Todesfälle (Bild 3) . Das beruht aber vorwiegend auf einer Verringerung der schweren und tödlichen Verletzungen nach Unfällen. Eine durchgreifende Reduzierung der Unfallzahlen insgesamt ist aber nach wie vor nicht gelungen. Hier sind die Hoffnungsträger elektronische Fahrerassistenzsysteme.

### 2. Ziele der Fahrerassistenz

Die wesentlichen Ziele von Fahrerassistenzsystemen sind:

- Defizite bei der Aufnahme und Verarbeitung der relevanten Fahrerinformationen beseitigen
- Fehlhandlungen des Fahrers vermeiden helfen
- die Folgen von dennoch auftretenden Fahrfehlern mindern und
- die Beanspruchung des Fahrers durch Über- oder Unterforderung abbauen.

Fahrerassistenzsysteme sollen somit zur Erhöhung von Fahrsicherheit und Fahrkomfort beitragen. Grundsätzlich gilt dabei aber: Assistenz durch Technik, Verantwortung beim Fahrer.

Hierbei liegt ein eindeutiger Trend von der reinen Fahrerunterstützung im Fahrzeug hin zur Übernahme von Regleraufgaben im Fahrzeug vor (Bild 4). Dazu hat der Verkehrsgerichtstag in Goslar 2000 eine klare Aussage getroffen: Sofern der Fahrer mit Aufgaben konfrontiert wird, das heißt mit Krisensituationen, in denen das technische System schneller und zuverlässiger als der Fahrer reagieren kann, ist eine autarke Regelung durch das Fahrerassistenzsystem zu akzeptieren. Bei Regleraufgaben dagegen, die der Fahrer in eigener Verantwortung befolgen kann, wie zum Beispiel Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, wurde ein Regeleingriff abgelehnt.

Schlüsseltechnologien bei den Fahrerassistenzsystemen sind elektronische Fahrdynamikregler (ESP), die Adaptive Cruise Control (ACC) und die X by Wire-Technologie. Viele andere Systeme sind dabei integriert wie Traktionskontrolle, Bremsassistent, aber es besteht noch ein Bündel von Maßnahmen über Spurhalteassistenten, Adaptive Front Lighting, Advanced Night Vision, Fahrerstatuserkennung und letzten Endes auch „Automatic Emergency Braking“.

Ein wesentliches Ziel der Unfallforschung ist, Verkehrsunfälle gänzlich zu vermeiden, was aber letztlich nicht erreichbar ist. Ein Idealziel, das durch die „elektronische Revolution“ mittelfristig erreichbar scheint, ist die noch vor einigen Jahren visionäre Zielvorstellung „Vision Zero“. Das bedeutet nicht, dass Unfälle grundsätzlich vermieden würden, aber im Zusammenwirken von Schutzsystemen der aktiven Sicherheit und von Pre-Crash-Sensing könnten die Kollisionsbelastungen so weit reduziert werden, dass beim Pkw der Schutzbereich der passiven Systeme in vielen Fällen erreicht wird und damit eine weitere Reduzierung der schweren/tödlichen Verletzungen erreicht werden kann.

Der elektronische Fahrdynamikregler, der im folgenden behandelt wird, ist hierbei eine Schlüsseltechnologie (Bild 5), die sowohl durch die Assistenz bei der Fahrzeugstabilisierung, als auch die Beeinflussung der Krisensituation Aspekte der aktiven und passiven Sicherheit verbindet.

### **3. Erfahrungen mit elektronischen Fahrdynamikreglern (ESP)**

Die große Herausforderung der nächsten Jahre ist die Umsetzung der aus Fahrversuchen gewonnenen Erkenntnisse in den Realverkehr. Dabei müssen durch kontinuierliche Unfallforschung die Auswirkung auf das Unfallgeschehen einerseits und die Reaktionsweisen der Fahrer andererseits erfaßt werden, um Erkenntnisse für die weitere Sicherheitsentwicklung und neue Anwendungsbereiche zu gewinnen. Im Gegensatz zu Maßnahmen der passiven Sicherheit, bei denen mit konkreten Meßgrößen spezielle Verletzungsrisiken wiedergegeben werden, ist bei Maßnahmen der aktiven Sicherheit durch die Vielzahl der schwer erfaßbaren Einflüsse eine weitaus höhere Anforderung gegeben.

ESP ist das erste umfassende Fahrerassistenzsystem, das in der Großserie im Realverkehr eingesetzt wurde und bei dem man schon heute zumindest in Trenduntersuchungen der Frage nachgehen kann, ob und inwieweit die Erwartungen bezüglich Unfallvermeidung und Verminderung der Folgen erfüllt werden.

Dabei muss ein stufenweises Vorgehen erfolgen, nämlich

- Untersuchung des Wirkpotentials
- Pilotstudien über Effektivität mit Trendanalysen
- später Großzahluntersuchungen zur Bestätigung des Effektes und gegebenenfalls Beeinflussung der Unfallcharakteristik.

#### **3.1 Untersuchungen zum Wirkpotential von ESP**

##### **3.1.1 ESP in Personenkraftwagen**

Die Abgrenzung des Wirkpotentials, also die Häufigkeit jener Unfallsituationen, in denen von einem Fahrerassistenzsystem eine positive Wirkung erwartet werden kann, stellt die Grundlage für Effektivitätsbetrachtungen dar. Je mehr gefährliche, risikobehaftete Unfallsituationen in den potentiellen Wirkungsbereich eines Fahrerassistenzsystems fallen, umso höhere Effektivität kann erwartet werden, auch wenn zunächst der spezielle Wirkungsgrad des Systems noch nicht bekannt ist.

Die zentrale Frage an die Unfallforschung bei der Beurteilung von ESP lautet daher:

- Welche charakteristischen Abläufe in welcher Häufigkeit in der Pre-Crash-Phase vorliegen und
- welchen Anteil Schleudervorgänge im gesamten Unfallgeschehen haben.

Diese Frage ist letztlich nur mit ingenieurmäßig ausgewertetem Unfallmaterial zu beantworten - die amtliche Statistik hilft hier nur bedingt weiter. Aus den amtlichen Unfalltypen [3] weiß man zwar, dass rund ein Drittel der Unfälle mit Personenschaden von sogenannten „Fahrnfällen“ geprägt ist - also von Unfällen, bei denen der Fahrer ohne Konflikt mit einem anderen Verkehrsteilnehmer die Kontrolle über sein Fahrzeug verloren hat. Aber diese generellen Beschreibungen müssen durch exakte charakteristische Abläufe in detaillierten Unfalluntersuchungen ergänzt werden.

Schon seit Ende der 80er-Jahre hat sich das ehemalige Institut für Fahrzeugsicherheit München (jetzt: Verkehrstechnische Institut der Deutschen Versicherer, VTIV) im Rahmen der Unfallforschung der Deutschen Autoversicherer (GDV) diesen Fragen gewidmet [4]. Heute stehen mehrere unabhängige

Unfallmaterialien zur Verfügung, bei denen in interdisziplinärer Arbeit von Ingenieuren und Medizinern Unfälle sowohl im Hinblick auf Unfallablauf/Kollisionstyp, als auch bezüglich Unfallfolgen untersucht wurden.

Bild 6 zeigt die Unfallmaterialien zur Analyse der „Unfallcharakteristik in der Pre-Crash-Phase“. Aus dem repräsentativen Großzahlmaterial der „Fahrzeugsicherheit 90“ wurden bei Fällen mit schweren und tödlichen Insassenverletzungen (MAIS 3+) die Informationen zur Pre-Crash-Charakteristik ergänzt. In den neuen Untersuchungen werden diese Auswertungen kontinuierlich fortgesetzt.

In einer Untersuchung mit dem Bayerischen Staatsministerium des Inneren und der Polizei haben wir für den Bereich der Polizeidirektion Traunstein alle Pkw-Unfälle mit Beteiligung junger Fahrer und Personenverletzung erfaßt. Im Jahre 1997/1998 handelte es sich um 936 Unfälle, in der analogen Untersuchung 2000/2001 um 850 Fälle. Dieses Material enthält alle Kollisionstypen und auch Unfälle mit leichten Verletzungen, wenngleich begrenzt auf die Beteiligung junger Fahrer, welche bekanntermaßen ein höheres Risiko für Schleuderunfälle haben.

Insgesamt stehen daher zur Untersuchung der Unfallcharakteristik in der Pre-Crash-Phase rund 3.400 Unfälle, in Kürze rund 5.000 Unfälle, zur Verfügung.

Pro Unfall werden hierbei zirka 400 Parameter erhoben (Bild 7); in einer graphischen Darstellung der „Krisensituationen“ wird charakterisiert (Bild 8):

- ob Schleuderbewegungen in der Pre-Crash-Phase vorlagen
- ob ein einfacher Schleuderablauf oder mehrfache Korrekturversuche gegeben waren
- welche Störweglänge und welche Bremsreaktion des Fahrers vorlag.

Schleuderunfälle unterliegen häufig gleichem Ablauf und führen überdurchschnittlich oft zu schweren Seitenkollisionen (Bild 9). Nach einem zu schnellen Einfahren in eine Kurve kam der Pkw ins Schleudern und prallte querstehend mit dem Gegenverkehr zusammen. Häufig kommt aber auch der Fahrer durch Unachtsamkeit auf geraden Strecken von der Fahrbahn ab, gerät durch eine heftige Korrekturbewegung ins Schleudern, prallt mit dem Gegenverkehr zusammen oder schleudert quer gegen Objekte.

GDV-Untersuchungen [5/6] zeigten hierbei, dass Schleuderunfälle in der Pre-Crash-Phase mit mindestens 25 % einen wesentlich höheren Anteil haben, als früher angenommen wurde (Bild 10). Vor allem bei den gefährlichen Alleinunfällen liegt in 40 bis 60 % ein Schleudervorgang in der Pre-Crash-Phase vor. Bei Unfällen mit tödlichen Verletzungen der Fahrzeuginsassen haben Schleuderunfälle einen Anteil von zirka 35 bis 40 %.

Diese Zahlen haben sich auch in anderen Untersuchungen der Unfallforschung bestätigt.

Untersuchungen von Toyota [9] mit ITARDA von schweren Unfällen ergaben, dass 20 % dieser Unfälle auf „Loss of Control“ in der Pre-Crash-Phase beruhen. Auf der Basis der Unfallzahlen von 2001 geht DaimlerChrysler (Bild 11) von einem Anteil von Schleuderunfällen bei Kollisionen mit Personenverletzung in Höhe von 21 % und bei tödlichen Unfällen in Höhe von 43 % aus.

Weitere Untersuchungen wurden im Rahmen des Forschungsprogrammes der Europäischen Kommission und des ACEA, „European Accident Causation Survey“ (EACS) [10] durchgeführt. Das Unfallmaterial dieser Studie baut auf in-depth-Untersuchungen am Unfallort auf und umfaßt 1.674 Unfälle aus Datenbanken in fünf europäischen Ländern in der Zeit zwischen 1995 und 1999. Untersuchungsziel war, ob eine durch ESP beeinflussbare Unfallsituation vorlag und welcher Einwirkungsgrad durch elektronische Fahrdynamikregler ESP erwartet werden kann. Auch diese Studie kam zu dem Ergebnis, dass rund 18 % aller Unfälle mit Verletzten und 34 % der tödlichen Unfälle eine Beeinflussungsmöglichkeit durch ESP erwartet werden kann.

Das hohe Wirkpotential von ESP bei Unfällen mit Verletzungen, vor allem aber bei tödlichen Unfällen, hat sich somit aus mehreren Untersuchungen eindrucksvoll bestätigt.

### 3.1.2 ESP-Potential bei Lkw und Kleintransportern

Nicht nur für Pkw, sondern auch bei Lkw und Kleintransportern, besteht ein wesentlicher Potential der Unfallbeeinflussung durch ESP. In einer Totalerhebung aller Unfälle des Bundeslandes Bayern 1997 wurden 1.917 Lkw-Unfälle ab 3,5 t mit schweren/tödlichen [11] Verletzungen ausgewertet. Jeder Einzelfall wurde individuell auf einen Nutzen von ESP hin analysiert. Das Ergebnis war, dass in rund 9% eine ESP-Wirkmöglichkeit gegeben war; das heißt dass durch Ausrüstung des Lkw mit ESP eine hohe Chance gegeben ist, den Unfall zu vermeiden oder die Folgen zu vermindern (Bild 12).

Ein starker Einfluss wurde vor allem bei Lkw-/Anhänger-Kombinationen und bei Sattelaufliegern festgestellt (Bild 13). Übermäßige Lenkmanöver nach Unachtsamkeit, Schleudern nach leichten

Kollisionen und Instabilität durch nicht angepasste Geschwindigkeit - vor allem bei ungünstigen Wetterkonditionen - wurden als Hauptgründe bei ESP-relevanten Unfällen erfaßt. Erste Abschätzungen ergaben im GDV-Material, dass durch ESP 44 % der Lkw-Alleinunfälle vermieden worden wären.

Bild 14 zeigt einen derartigen Unfall, bei dem ein Sattelaufleger mit 20.000 Litern einer gefährlichen Flüssigkeit mit einer Geschwindigkeit von 50 bis 60 km/h umkippte, wobei weniger die Geschwindigkeit selbst, als vor allem die dynamische Flüssigkeitsverlagerung zusammen mit einer zu heftigen Lenkreaktion zum Umkippen führte.

Ein anderes wesentliches Problem sind die Unfälle von Kleintransportern bis 3,5 t. Allein seit 1998 stieg ihre Zulassungszahl um 15 %, in Deutschland sind zur Zeit rund 1,7 Millionen dieser Kleintransporter zugelassen [12]. Durch ihre technische Konzeption bestehen erhöhte Probleme ihrer dynamischen Fahrstabilität: Relativ hoher Schwerpunkt, aber auch starke Veränderung der Gewichtsverhältnisse durch die mögliche Zuladung und letzten Endes das mit einem Pkw vergleichbare Geschwindigkeitsprofil.

Das Verkehrstechnische Institut der Deutschen Versicherer führt eine Totalauswertung aller Unfälle von Kleintransportern (bis 3,5 t) mit schwerem Personenschaden in Bayern aus dem Jahr 2001 durch. Die Auswertung dieses Unfallmaterials von rund 800 Unfällen ist zwar noch nicht vollständig abgeschlossen, zeigt aber schon deutliche Trends.

Typisch ist, dass die Fahrer nicht an die speziellen Fahreigenschaften von Kleintransportern gewohnt sind und dass sie den Wechsel der fahrdynamischen Eigenschaften mit unterschiedlicher Ladung unterschätzen. Viele Unfälle, insbesondere auf Autobahnen, traten in Zusammenhang mit einem Spurwechselmanöver und Schleudern ein, möglicherweise auch zusätzlich beeinflusst durch nicht hinreichende Sicherung der Ladung (Bild 15/16). Das Wirkpotential für ESP bei dieser Fahrzeugart beträgt knapp 20 %. Zurecht hat deshalb der Deutsche Verkehrsgerichtstag 2004 in seiner Empfehlung einstimmig die serienmäßige Ausstattung zum Ausdruck gebracht. [13]

### 3.2 Abschätzung zur Auswirkung von ESP

Eine neuartige Studie wird seit 2003 vom Verkehrstechnische Institut der Deutschen Versicherer in Zusammenarbeit mit der HUK-Coburg durchgeführt. Es wurden bisher 532 Unfälle der Fahrzeugmodelle Golf IV und Mercedes C-Klasse im Zeitraum zwischen Januar 2000 und Juni 2002 untersucht. Durch den Zeitpunkt der Serienausstattung mit ESP konnte bei den typgleichen Fahrzeugen exakt zwischen Ausstattung mit und ohne ESP unterschieden werden (Bild 17) - ein wichtiger Vorteil. Ein gewisser Nachteil liegt darin, dass die Kontrollgruppe ohne ESP um zwei bis drei Jahre ältere Fahrzeuge als die ESP-Experimentalgruppe umfaßt. Vergleichsuntersuchungen zeigten aber, dass ESP-unabhängige Kollisionstypen, wie zum Beispiel Auffahren/Unfälle im Längsverkehr und auch die Verteilung der Fahreraltersgruppen keine wesentlichen Abweichungen aufwiesen, so dass der Vergleich trotz der unvermeidlichen Unterschiede des Fahrzeugalters zulässig ist.

Bei den 532 Unfällen handelte es sich gezielt um Schadenereignisse ab einem Kostenaufwand von 1.500,00 € und ohne die Bedingung „verletzte Insassen“ (Bild 17); entsprechend dieser Selektionskriterien lag der Anteil der Schleuderunfälle mit 5 % erwartungsgemäß wesentlich tiefer als bei Unfällen mit Personenverletzung mit 25 %. Auffälliges Ergebnis war jedoch, dass von allen 23 Schleuderunfällen allein 21 Unfälle auf Fahrzeuge ohne ESP entfielen und nur zwei Fälle auf Fahrzeuge der ESP-Gruppe. Eindeutiges Ergebnis dieser Pilot-Vergleichsuntersuchung ist somit, dass Schleuderunfälle durch ESP auch bei Unfällen mit leichteren Unfallfolgen deutlich herabgesetzt werden. ESP ist somit grundsätzlich eine wesentliche Hilfe bei der Stabilisierung eines Fahrzeugs in Krisensituationen.

Darüber hinaus ergab sich aber auch bei dem Unfallmaterial der HUK-Coburg ein ausgeprägter Trend, dass bei den eingetretenen Schadenfällen in der Gruppe mit ESP deutlich weniger Unfälle mit verletzten Insassen zu beklagen waren als in der Vergleichsgruppe ohne ESP. Durch die bessere Stabilisierung von Fahrzeugen mit ESP werden offenbar besonders gefährliche Kollisionsarten besser vermieden und die Schutzmöglichkeiten der passiven Sicherheitssysteme wie Gurt/Airbag werden erhöht.

Die Gründe für diese deutliche Reduzierung des Verletzungsrisikos und auch der Umfang des Schutzpentials müssen jedoch in weiteren Untersuchungen noch besser analysiert werden. Die erste Untersuchungsphase mit 532 Unfällen hat aber bereits erwiesen, dass ESP sowohl im Hinblick auf aktive als auch auf passive Sicherheit zu einer deutlichen Reduzierung des Unfall- und Verletzungsrisikos führt.

Dieses Ergebnis wird vollinhaltlich durch Untersuchungen von DaimlerChrysler [8] bestätigt, bei denen festgestellt wurde, dass seit der serienmäßigen Einführung von ESP bei allen DaimlerChrysler Fahrzeugen der Anteil mit Schleudern (Loss of Control) um 25 % zurückging (Bild 18), bei speziellen Fahrzeugen wie der E-Klasse sogar um 35 %.

Die hohe Effektivität von ESP ergab sich auch bei den Untersuchungen von VW [13] und des EACS-Materials aus dem Jahre 2000 [10].

In der Einzelfalluntersuchung wurde speziell geschulten Auswertern die Frage gestellt, ob bei Schleuderunfällen ESP einen wahrscheinlichen oder weitgehend sicheren Einfluss auf das Unfallereignis gehabt hätte. Wie Bild 19 zeigt, kamen die Auswerter zu dem Ergebnis, dass bei Schleuderunfällen, bei denen Personenverletzungen eintraten, durch ESP ein wahrscheinlicher positiver Einfluss in 42 % vorgelegen hätte, bei schwerwiegenden Schleuderunfällen mit tödlichen Verletzungsfolgen wäre dieser Anteil durch ESP sogar auf 67 % angestiegen.

Im Vergleich zu den vorgenannten Ergebnissen von DaimlerChrysler, VW und GDV bestätigt sich auch aus dieser Untersuchung der hohe zu erwartende Rückgang der Schleuderunfälle und der durch ESP-Stabilitätsgewinn zur Bewältigung plötzlicher Krisensituationen wird deutlich.

### **3.3 ESP-Einfluss auf Unfallhäufigkeit**

Erste verlässliche Zahlen über die konkrete Auswirkung von ESP im realen Unfallgeschehen wurden von DaimlerChrysler aufgrund der amtlichen Statistik zwischen 1998 und 2001 auf der Basis eines Gesamtmaterials von 1,5 Millionen Unfällen vorgelegt. Diese Untersuchungen wurden ermöglicht, indem seit 1999 alle Pkw mit ESP ausgerüstet sind.

Bild 20 zeigt, dass bei den zu 100 % mit ESP ausgestatteten DaimlerChrysler Fahrzeugen ein Unfallrückgang von 15 % festzustellen war, währenddem die vergleichbare andere Fahrzeugpopulation nur 11 % aufwies. Bezogen auf den Unfallanteil pro hundert zugelassene Fahrzeuge ergibt dies einen Rückgang von 8 % bei den mit ESP ausgestatteten Fahrzeugen. Dieser Wert ist eher als untere Wirkgrenze für ESP zu verstehen, da auch in der Vergleichsgruppe ESP-Fahrzeuge enthalten waren.

Ebenso auf umfangreichem mehrjährigen Statistikmaterial (Unfallmaterial 1994 bis 2000, 980.000 Fahrzeugjahre ohne VSC/ESP und 390.000 Fahrzeugjahre mit VSC) hat Toyota ermittelt, dass bezogen auf die Zulassungsquote Fahrzeuge mit VSC zirka 35 % weniger Alleinunfälle und 30 % weniger Frontalkollisionen mit anderen Kfz haben als Pkw ohne ESP. Für schwere Unfälle erhöht sich diese Quote auf etwa 50 % weniger Alleinunfälle und 40 % weniger Frontalkollisionen. Auch die Anzahl der Verletzten ergab für die beiden Konfigurationen eine Reduktion von zirka 35 % durch ESP/VSC im Vergleich zu den Fahrzeugen ohne ESP. Damit bestätigt sich auch das Trend-Ergebnis der GDV-Untersuchung, dass bei den Unfällen mit ESP bezogen auf den jeweiligen Fahrzeugbestand ein deutlicher Rückgang der Verletztanzahlen im Vergleich zu Fahrzeugen ohne ESP festzustellen war.

Auf der ESV-Konferenz im Mai 2003, Japan, wurden nun detaillierte Untersuchungen nach Unfallhäufigkeit und Unfallumständen durch die „Swedish National Road Administration“ zusammen mit der Monash University und FOLKSAM-Research vorgestellt [14]. Das Unfallmaterial in Schweden, Basisjahre 2000 bis 2002, bestand aus polizeilich aufgenommenen Unfällen, bei denen es zu einer leichten Verletzung der Insassen kam und bei denen durch präzise Fahrzeugmodellangabe mit ESP auch eine Vergleichsgruppe der entsprechenden Fahrzeuge ohne ESP geschaffen werden konnte.

Das Vergleichsmaterial bestand aus 442 Fahrzeugen mit ESP und einer Vergleichsgruppe von 1.967 Fällen ohne ESP (Bild 21).

In der Untersuchung wurde die „Induced Exposure Method“ angewendet - eine übliche Vorgehensweise, wenn eine unabhängige Ermittlung der Risiko Exposure aus Gründen des Untersuchungsumfanges noch nicht möglich ist. Ein Unfalltyp wird dabei zugrunde gelegt, der durch das Untersuchungskriterium (hier ESP) nicht beeinflusst wird. Jede Abweichung der anderen, durch ESP möglicherweise zu beeinflussenden Unfälle, wird dann als Auswirkung der Ausstattung mit dem Untersuchungskriterium (ESP) vorausgesetzt. Als von ESP unabhängiger Unfalltyp wurde in der schwedischen Studie die Häufigkeit von Auffahrunfällen im Längsverkehr zugrunde gelegt.

Wie auch bei den GDV-Untersuchungen hat diese Aufteilung in Unfälle mit/ohne ESP den Vorteil, dass es sich um identische Fahrzeugmodellreihen handelt. Allerdings sind die Fahrzeuge ohne ESP eben um einige Jahre älter, nachdem der Zeitpunkt des Unfalljahres 2000 bis 2002 in den beiden Untersuchungsgruppen mit/ohne ESP identisch ist. Bei den Kontrollgrößen der schwedischen

Untersuchung wie Fahreralter/Geschlecht und Ortsverteilung der Unfälle (Geschwindigkeitslimit an der Unfallstelle) ergaben sich zwischen den Fahrzeuggruppen mit/ohne ESP keine Unterschiede (Bild 21), so dass im gegebenen Untersuchungsrahmen von größtmöglicher Homogenität auszugehen ist.

Die Vergleichsuntersuchungen ergaben, dass durch ESP ein Rückgang der Unfälle um insgesamt 22,1 % für alle Straßenbedingungen eintrat, wobei allerdings das Konfidenz-Intervall für 95 % statistische Sicherheit  $\pm 21$  % beträgt (Bild 22).

Entsprechend dem besonderen Wirkungsbereich des ESP ergaben sich auf Fahrbahnen mit geringerem Reibwert erhöhte Effizienzwerte.

Bei nasser Fahrbahn wurde ein Rückgang der ESP-sensitiven Unfälle um 31,8 % und bei Unfällen mit Glätte um 38,2 % im Durchschnitt ermittelt. Selbst unter Anrechnung der unvermeidlich hohen 95 % Konfidenz-Intervalle ist damit auf Straßen mit Nässe und Glätte von einem Unfällrückgang in der Größenordnung von ca. 20 % durch ESP auszugehen. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit den eingangs erwähnten Untersuchungen von DaimlerChrysler.

#### 4. Zusammenfassung

Durch die dynamische Einführung der Elektronik in zukünftige Fahrzeuge ergeben sich völlig neue Herausforderungen und Möglichkeiten. Die klassische Unterteilung von Fahrzeugsicherheitssystemen in Maßnahmen der passiven Sicherheit (Verringerung der Unfallfolgen) und aktive Sicherheit (Vermeidung/Minderung von Unfällen) wird zunehmend aufgelöst. Durch die zunehmende Vernetzung der Systeme und die Pre-Crash-Sensorik wird ein Gesamtkonzept der primären und sekundären Unfallsicherheit angestrebt.

Ein typisches Beispiel ist die „Pre-Safe-Technik“, die integraler Sicherheitsbestandteil in allen Fahrzeugen werden wird und die einen wesentlichen Schritt im Hinblick auf eine zukünftige „Vision Zero“ bedeutet. Wenngleich Unfälle auch in Zukunft nicht völlig vermeidbar sind, so kann doch durch das Zusammenwirken der Pre-Crash-Sensorik, der Systeme der aktiven Sicherheit, der reversiblen Aktivierung der passiven Systeme und einem „Automatic Emergency Braking“ erreicht werden, dass die Kollisionsumstände und die Aufprallgeschwindigkeiten so weit herabgesetzt werden, dass mit wesentlich erhöhter Wahrscheinlichkeit der Schutzbereich der passiven Sicherheitselemente erreicht wird und damit schwerste/tödliche Verletzungen im Normalfall vermeidbar werden.

Elektronische Fahrdynamikregler (ESP) verbinden Aspekte der aktiven und passiven Sicherheit. Durch ESP wird das Fahrzeug so weit wie möglich „auf Kurs gehalten“, abgebremst und ein Querschleudern zumindest reduziert. Selbst wenn durch Überschreitung der fahrphysikalischen Grenzen eine Kollision nicht mehr vermeidbar ist, so ist durch verringerte Wahrscheinlichkeit der gefährlichen Seitenkollisionen eine Verbesserung der passiven Schutzelemente im Pkw und eine Verringerung der Verletzungsrisiken zu erwarten [6,13]

Durch die verstärkte Markteinführung der elektronischen Fahrdynamikregler (ESP) sind zur Zeit bereits erste Untersuchungen über Wirkpotential von ESP und Pilotabschätzungen über die Effektivität möglich. Diese ersten Felderfahrten haben noch Einschränkungen aufgrund der nicht immer hinreichenden Fallzahlen und auch die Vergleichsmöglichkeiten bedürfen aufgrund unterschiedlicher Selektionskriterien und unterschiedlicher Beschreibungsmethoden einer Bestätigung durch erweiterte Folgeuntersuchungen. Alle bisherigen Ergebnisse wiesen einen deutlichen Einfluss von Fahrdynamikreglern auf die Sicherheit der Fahrzeuge und vor allem auf die als Idealziel beabsichtigte Vermeidung, beziehungsweise Verminderung von Unfallereignissen nach.

Die heute schon verfügbaren Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- ESP hat sowohl bei Pkw als auch bei Nutzfahrzeugen hohes Wirkpotential (Bild 23). Bei allen Unfällen mit Personenschaden ist mit einem Anteil von Schleuderunfällen in Höhe von 25 % zu rechnen. Selbst bei Bagatellunfällen mit/ohne Personenschaden ab 1.500,- € ist ein Anteil von Schleuderunfällen von zirka 5 % gegeben. Bei Unfällen mit Todesfolge erhöht sich der Anteil der Schleuderunfälle auf 34 bis 43 %.
- Nicht nur bei Pkw, sondern auch bei Lkw haben ESP-relevante Unfälle einen erheblichen Anteil von zirka 9 % (Bild 23).

Die Reduzierung der Schleuderunfälle stellt somit einen Sicherheitsfaktor von höchster Priorität dar.

Die Wirkerwartungen bei der Vermeidbarkeit von Schleuderunfällen sind hoch. Untersuchungen innerhalb der internationalen EACS-Studie ergaben, dass bei Unfällen mit Schleudern und mit Personenverletzungen ein positiver Einfluss von ESP in Höhe von 42 %, bei Unfällen mit Todesfolge sogar von 67 %, erwartet werden kann.

Neueste Untersuchungen des Verkehrstechnische Institut der Deutschen Versicherer ergaben in einem Unfallmaterial von 532 Fällen mit zwei identischen Fahrzeugmodellen mit/ohne ESP einen gravierenden Rückgang der Schleuderunfälle und auch bezogen auf die Fahrzeugpopulation bei den eingetretenen Schadenfällen deutlich weniger Unfälle mit verletzten Insassen.

Statistische Untersuchungen von DaimlerChrysler lassen im Durchschnitt aller Fahrzeugmodelle eine Verringerung der Schleuderunfälle um 25 %, zum Teil sogar um 35 % bei Unfällen mit/ohne Personenverletzung erwarten.

Die Effizienz von ESP im Hinblick auf Stabilisierungsmöglichkeiten des Fahrzeugs und Vermeidung von Schleuderunfällen, hat sich damit tendenziell voll bestätigt.

Erste Felduntersuchungen weisen übereinstimmend auf einen überproportionalen Rückgang der Unfallereignisse bei Fahrzeugen mit ESP hin (Bild 24).

In Untersuchungen für das Jahr 2000/2001 ergab sich bei DaimlerChrysler-Modellen mit ESP im Vergleich zu einer Kontrollgruppe überwiegend ohne ESP ein Rückgang von Unfällen mit/ohne Personenschaden um mindestens 8 %.

In den Toyota-Untersuchungen ergaben sich bezogen auf die Zulassungsquote bei Fahrzeugen mit ESP zirka 35 bis 50 % weniger Alleinunfälle und 30 bis 40 % weniger Frontalkollisionen mit anderen Kraftfahrzeugen. Je höher die Unfallschwere, umso höhere ESP-Wirkung wurde festgestellt.

Bei Unfällen mit verletzten Pkw-Insassen ergaben neueste schwedische Untersuchungen einen Rückgang von Unfallereignissen bei allen Straßenbedingungen im Durchschnitt von 22 %. Dieser Rückgang des Unfallrisikos erhöht sich in Unfällen bei Nässe auf 32 % und bei Glätte auf 38 % im Mittel. Selbst unter Berücksichtigung des zur Zeit noch unvermeidbar hohen 95 % Konfidenz-Intervalls ist demzufolge mindestens mit einem zu erwartenden Unfallrückgang durch ESP um ca. 20 % zu rechnen.

## **5. Ausblick und Forderungen**

In Übereinstimmung aller bisher vorliegenden internationalen Untersuchungen hat sich bei Fahrzeugen mit elektronischen Fahrdynamikreglern eine deutlich positive Wirkung im Hinblick auf die Verringerung von Unfallrisiken und die Vermeidung von Schleuderunfällen bestätigt. Die bisherigen Untersuchungen müssen fortgesetzt und möglichst vereinheitlicht werden, um einen internationalen Vergleich zu erleichtern. Durch die hohen Ausrüstungsquoten von Neufahrzeugen mit ESP werden sich die Untersuchungsmöglichkeiten in den nächsten Jahren wesentlich erhöhen.

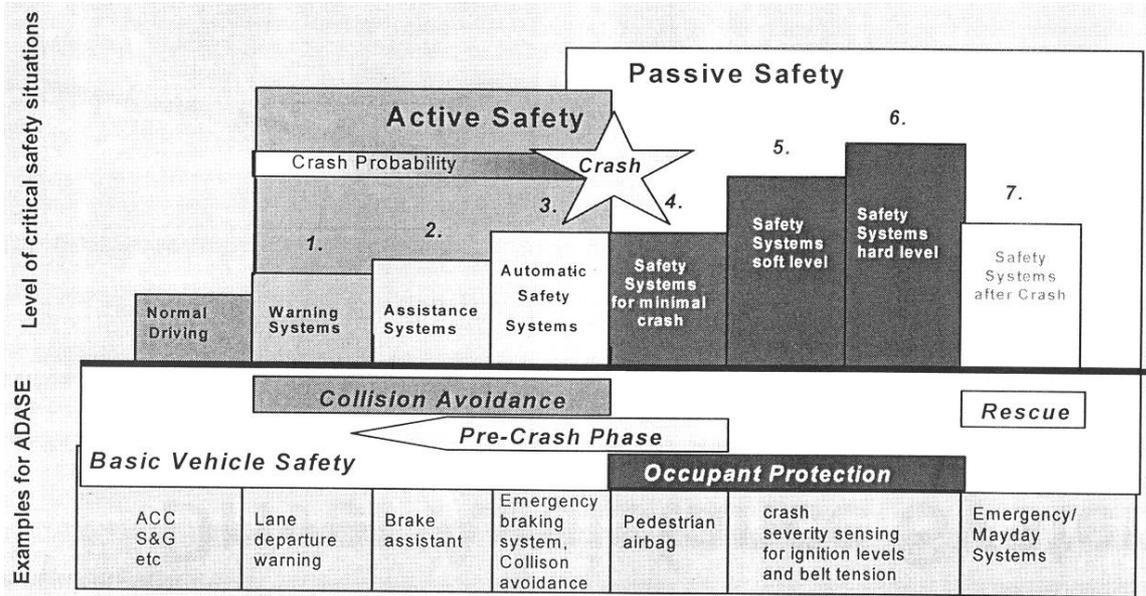
In der Öffentlichkeitsarbeit muss aber immer wieder darauf hingewiesen werden, dass ESP uneingeschränkt den physikalischen Gesetzen unterliegt und keinerlei Veränderungen des normalen Fahrverhaltens eintreten dürfen. ESP ist jedoch ein entscheidendes Hilfsmittel, das den Fahrer in einer unvorhersehbaren kritischen Situation bei der Stabilisierung des Pkw unterstützt und somit in Notsituationen die bestehenden physikalischen Reserven der Fahrdynamik auch für den Normalfahrer nutzbar macht.

Es ist eine zentrale Sicherheitsforderung, dass die Ausrüstung von Fahrzeugen mit ESP schnellstmöglich in Europa, letztlich weltweit, einheitlicher Standard werden muss. Der Einsatz von ESP darf sich dabei nicht nur auf die Serienausstattung von Pkw beschränken, sondern muss aufgrund des außerordentlich hohen Nutzenpotentials von ESP auch bei Kleintransportern und Lkw/Bussen zu einer serienmäßigen Ausstattung führen.

Es ist zu hoffen, dass wie bei der Einführung der Airbag-Technologie auch ohne Gesetz durch die Initiative der Fahrzeughersteller einerseits und die Anforderungen des Marktes, beziehungsweise der Verbraucher andererseits, diese serienmäßige Einführung von ESP schnellstmöglich erreicht wird und damit ein entscheidendes Sicherheitselement, welches Aspekte der aktiven und passiven Sicherheit verbindet, in Zukunft selbstverständlicher Standard bei allen Fahrzeugkategorien wird.

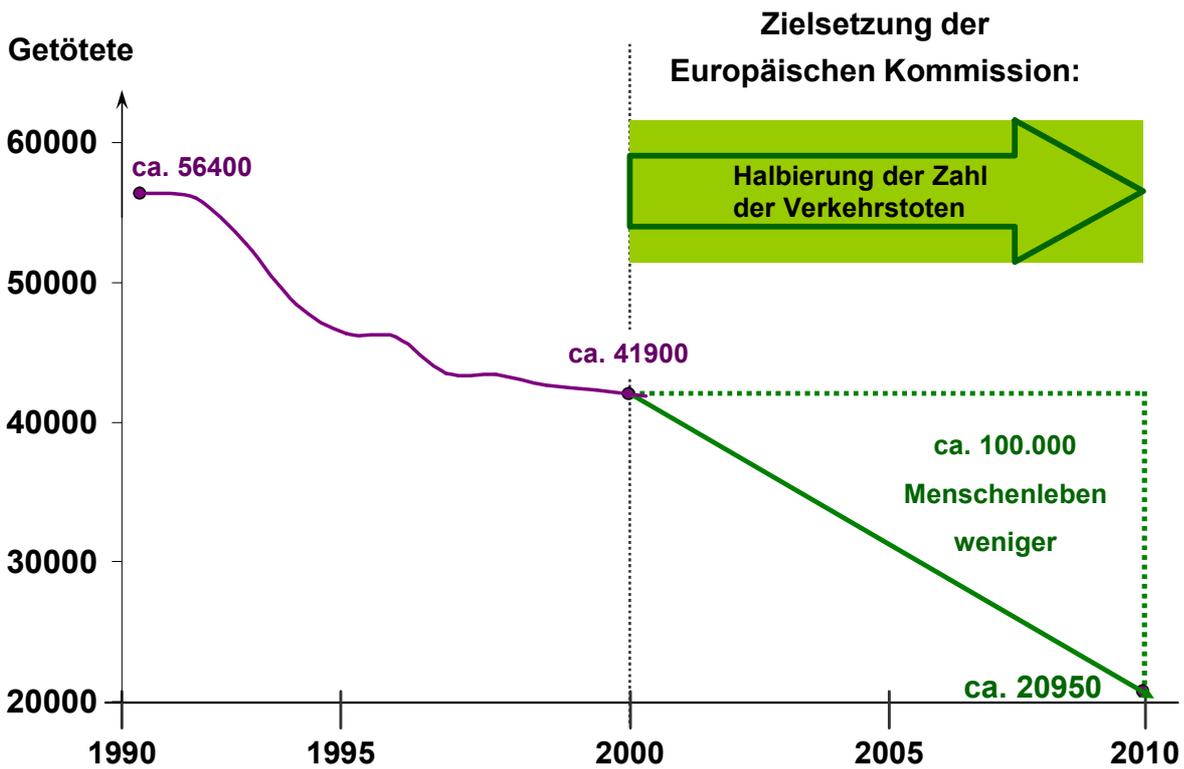
## Literaturverzeichnis

- [1] 18. Internationale Technische Konferenz „Enhanced Safety of Vehicles“ (ESV) 19.-22.05.2003, Nagoya; Government Status Reports
- [2] Weißbuch der Europäischen Kommission „Ziele für die Unfallentwicklung bis 2010“, Brüssel 2003
- [3] Verkehrsunfälle 2001; Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Wiesbaden Metzler-Poeschel, Stuttgart
- [4] Jahresberichte über die Schadenverhütungsarbeit der Kraftfahrtversicherer 1999-2002, GDV Berlin und IFM/ISK
- [5] Langwieder, K.:“Characteristics of Car Accidents in the Pre-Crash-Phase“ JSAE Technical Paper no. 9932539, 1999
- [6] Langwieder, K.:“Mit ESP schwere Unfälle vermeiden oder mildern“ ESP Workshop, Bosch, 10.11.1999, Boxberg, Germany
- [7] Thomas, C.; Damoille, A.; Perron, T.; Mantuit, C.; LeCoz, J.Y.: „Comportment Humain En Accidents Corporels“ 2<sup>nd</sup> Journee Sécurité Automobile, Rouen 2000
- [8] DaimlerChrysler Pressemeldung, Breuer.J. „ESP Safety Benefits“ November 2002
- [9] Aga, M.; Okada, A.: „Analysis of Vehicle Stability Control (VSC)'s Effectiveness from Accident Data“ 18. International ESV-Conference, Nagoya, 19.-22.05.2003
- [10] Sferco, R.; Page, Y; LeCoz, J.Y.; Fay, P.:“Potential Effectiveness of the Electronic Stability Programs (ESP) - What European Field Studies Tell Us“, 17. International ESV-Conference, Amsterdam, 04.-07.06.2001
- [11] Langwieder, K.; Gwehenberger, J.; Hummel, Th.:“Benefit Potential of ESP in Real Accident Situations involving Cars and Trucks“ 18. International ESV-Conference, Nagoya, 19.-22.05.2003
- [12] Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie 8
- [13] Empfehlungen des 42. Deutschen Verkehrsgerichtstages, 28.-30.01.2004, Goslar Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft e.V., Hamburg



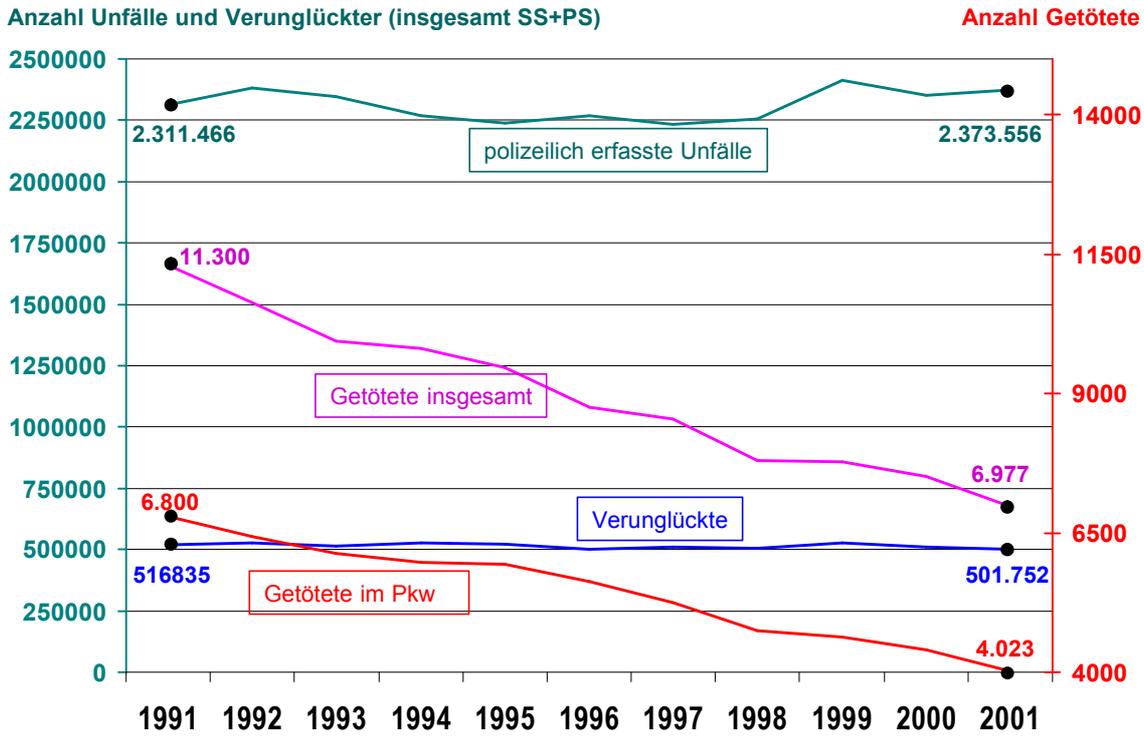
Quelle: Daimler Chrysler Jaguar

Entwicklung der Zahl der Getöteten bei Straßenverkehrsunfällen in Europa (harmonisierte Daten)



Quelle: eurostat, 2001  
EU Weissbuch, 2001

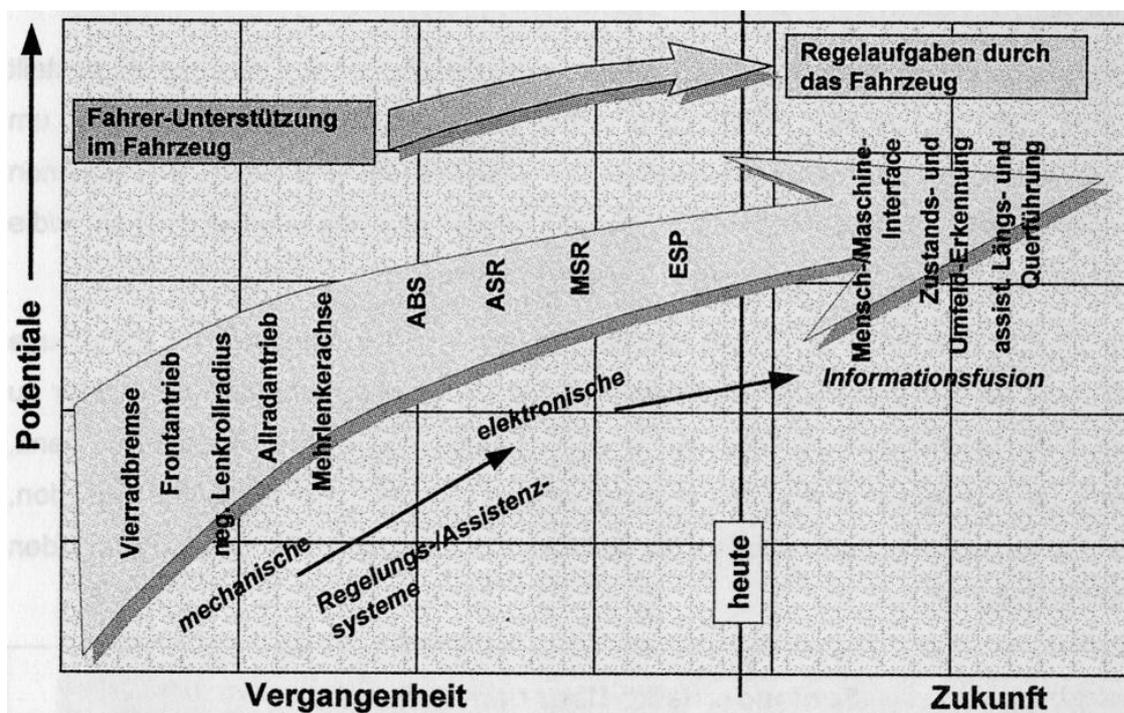
# Polizeilich erfasste Unfälle, Verunglückte und Getötete im Straßenverkehr



(Quelle: StBA)

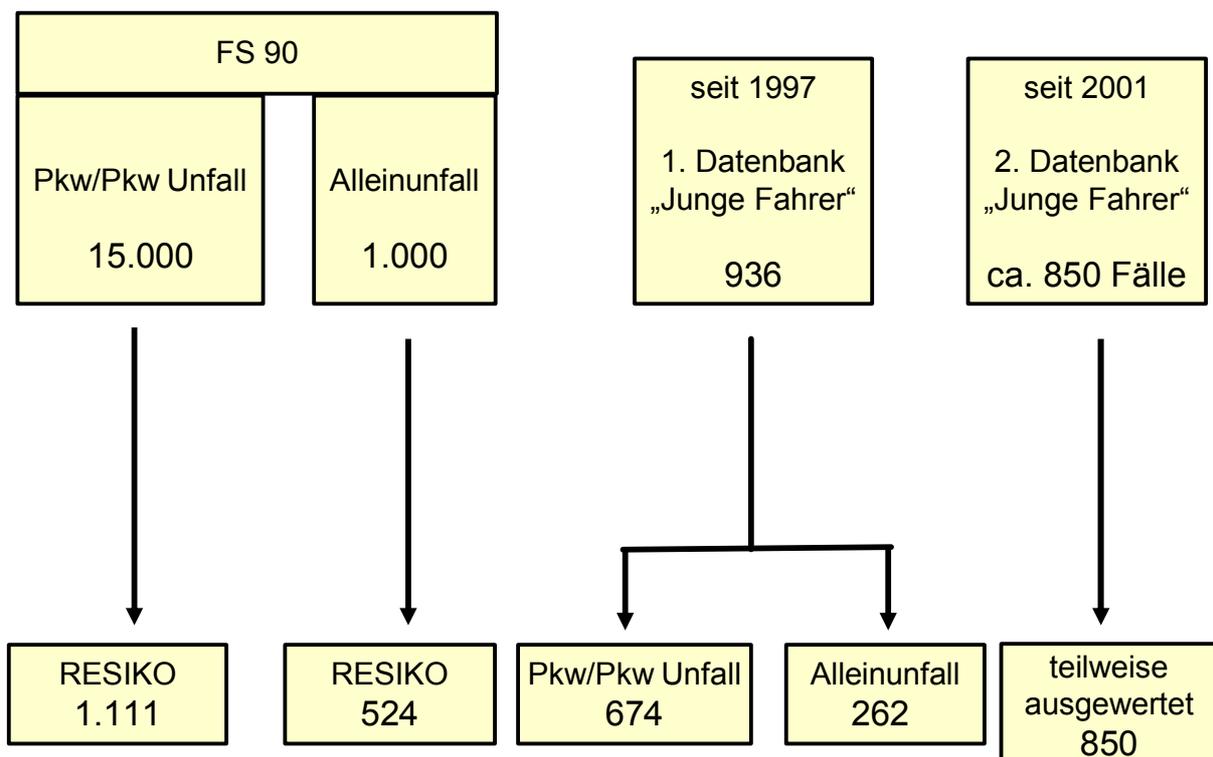
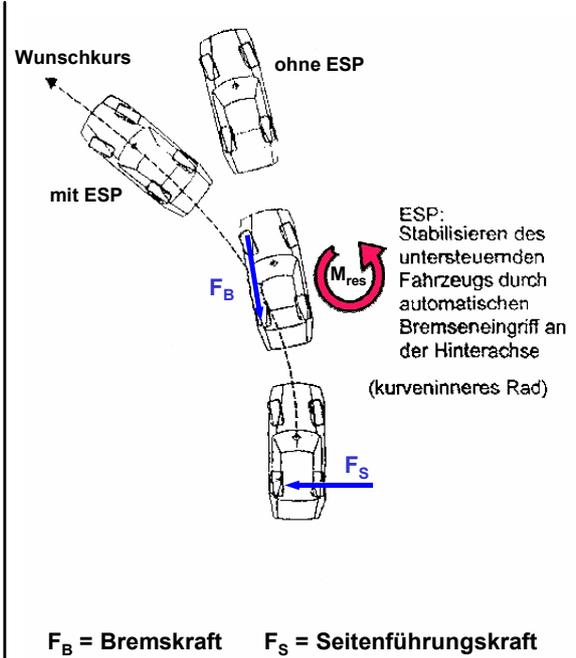
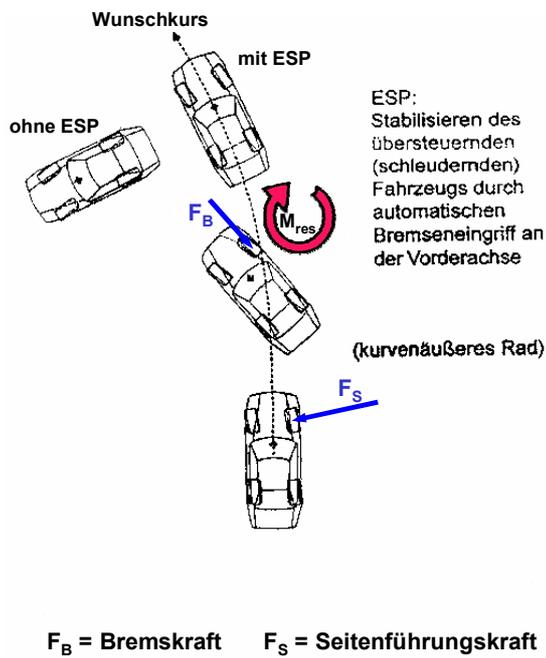
02-1244

# Zeitliche Entwicklung aktiver Sicherheitssysteme



Quelle: Volkswagen AG

03-013

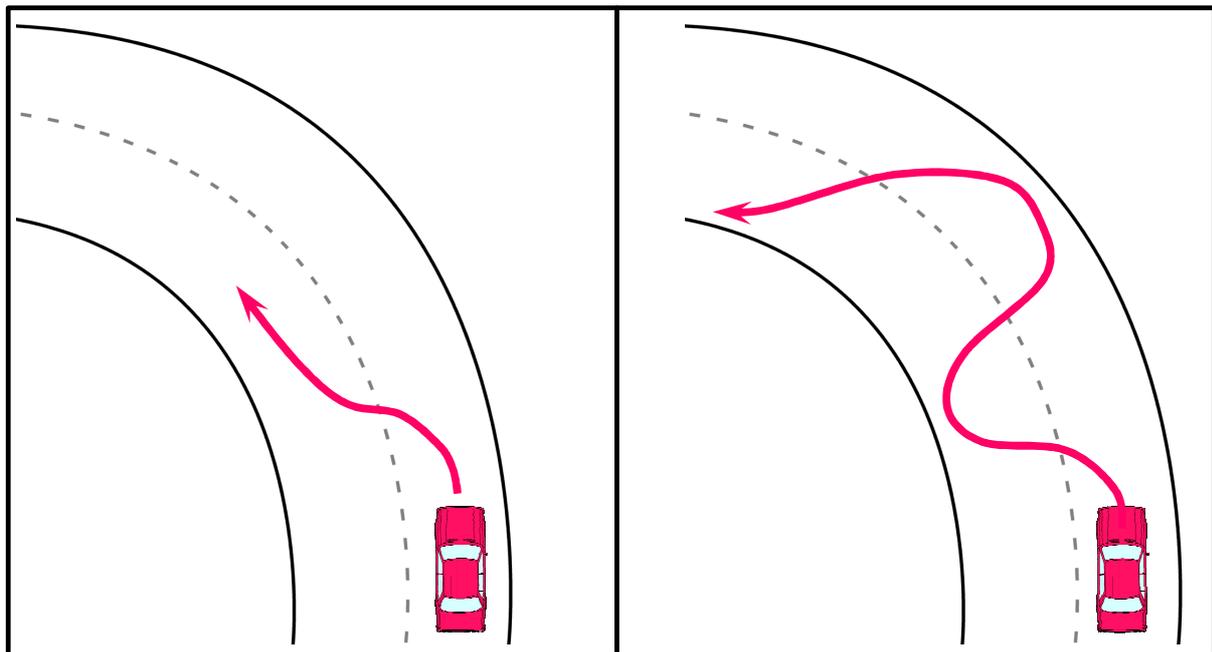




- Verkehrsunfallanzeige
- Schadengutachten
- Arztberichte
- Zeugenaussagen
- Unfallrekonstruktionen



**Versicherungsakte**



**Einfacher Korrekturversuch**

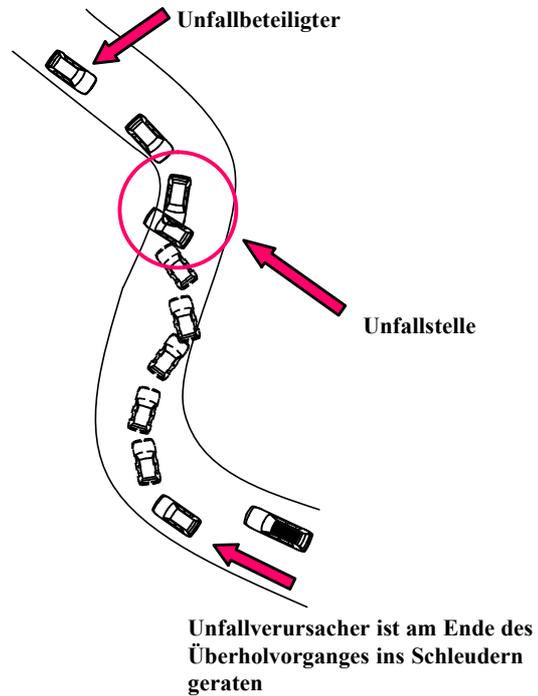
**Mehrfacher Korrekturversuch**



Unfallbeteiligter: geringe Verletzungen

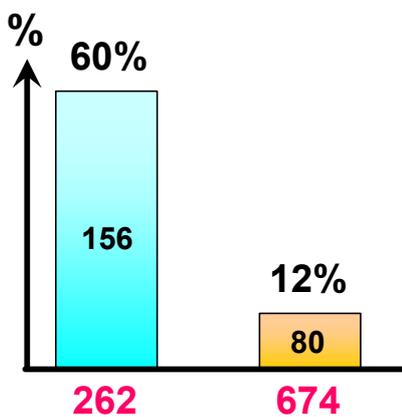


Unfallverursacher: tödliche Verletzungen



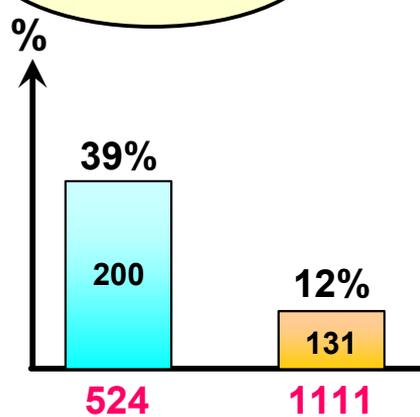
Häufigkeit von Schleuderunfällen

1. Datenbank  
„Junge Fahrer“  
„Traunstein“ - 1997  
(18-24 Jahre)

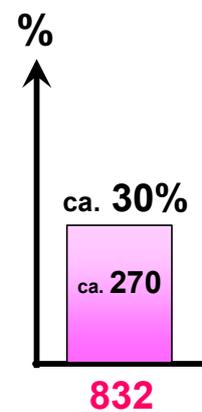


Datenbank  
„RESIKO“  
Alle Altersgruppen

Zusammen  
ca. 25%



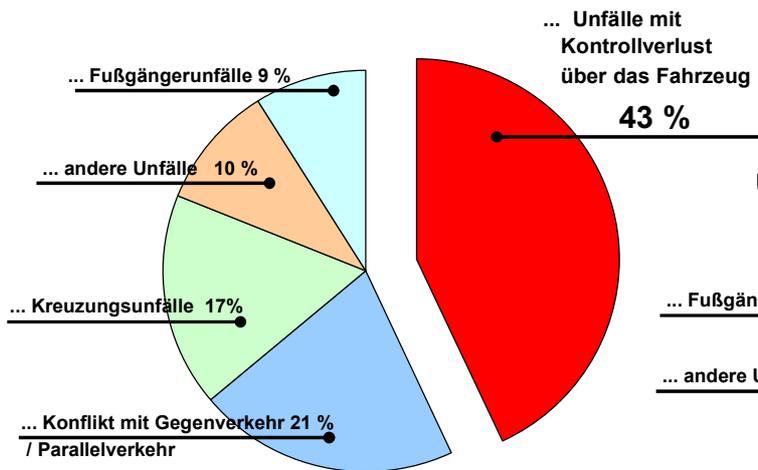
2. Datenbank  
„Junge Fahrer“  
„Traunstein“ - 2000  
(18-24 Jahre)



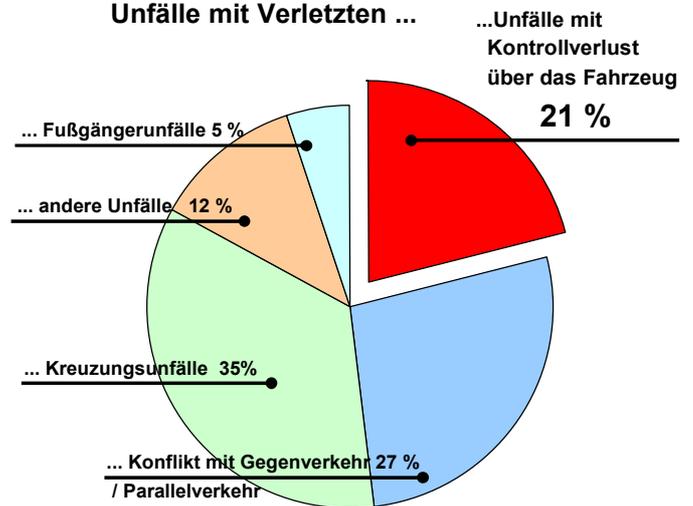
Datenmaterial (Fälle)



Unfälle mit Getöteten ...

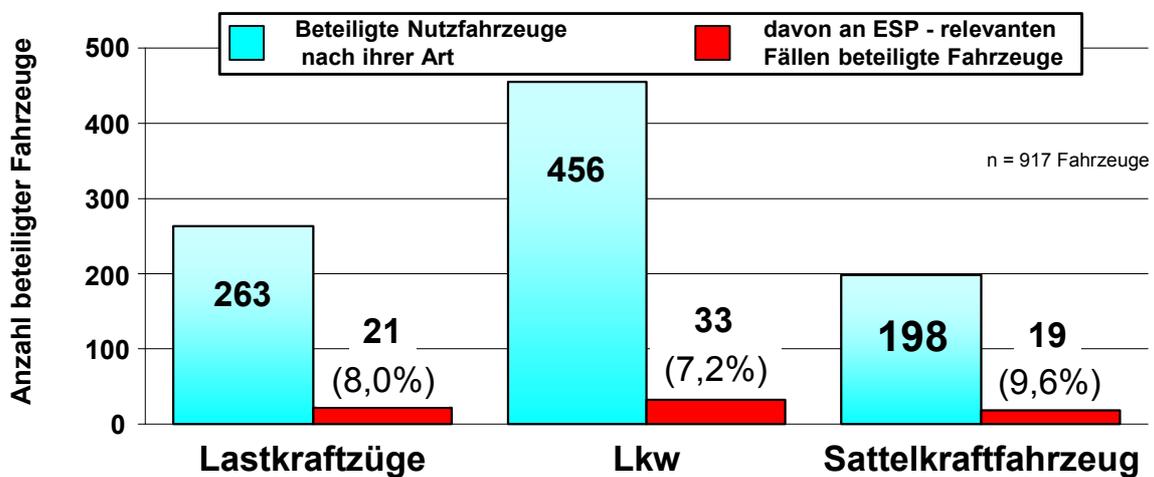


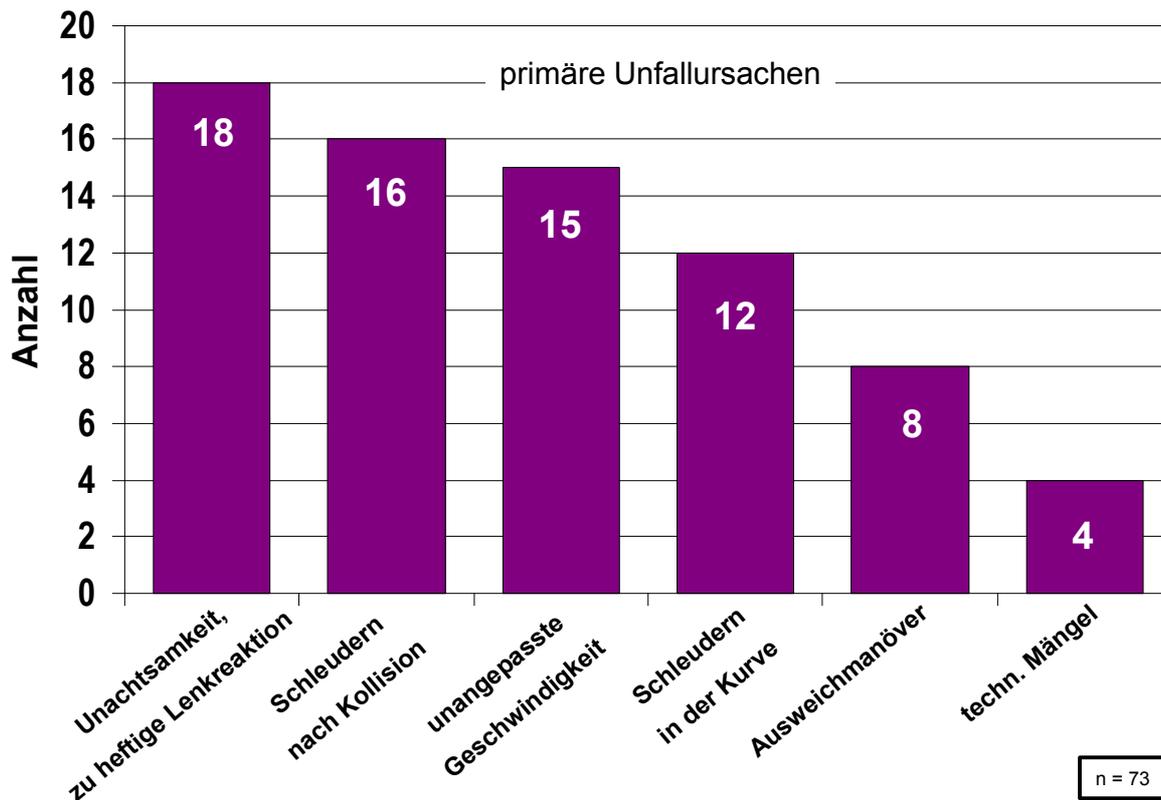
Unfälle mit Verletzten ...



Quelle: DaimlerChrysler

Verteilung der ESP-Fälle nach Lkw-Typ und Anzahl der Unfälle



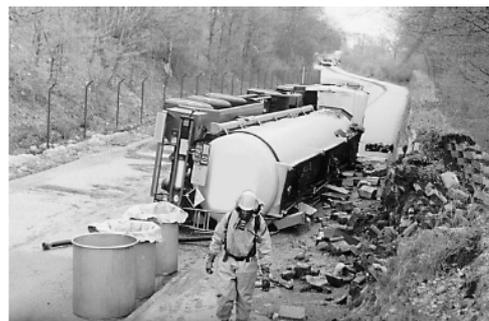


02-1438

## Unfallursache: Schleudern in Kurve

**Schleudern in Kurve:** Der Unfall wurde durch Abkommen von der Fahrspur oder Umkippen des Lkw mit vorangegangener Schleuderneigung verursacht.

**Beispiel:** Ein Sattelzug mit beladenem Tankauflieger (20.000 l Salzsäure) fährt mit ca. 50 - 60 km/h in eine immer enger werdende Kurve ein. Aufgrund der Fliehkraft verlagert sich die flüssige Ladung immer mehr auf die Kurvenaußenseite. Infolge der Gewichtsverlagerung kippt der Sattelzug auf die rechte Seite. Ca. 10.000 l Salzsäure traten aus dem Tank aus und versickerten im Erdreich.

**ESP-Nutzen:**

- Abbremsen des Sattelzuges bei kritischer Querschleunigung
- Verhinderung des Umkippen

02-1441

**Unfallhergang:**

Auf der regennassen Fahrbahn geriet das Fahrzeug, aufgrund zu hoher Geschwindigkeit, ins Schleudern und kam nach rechts von der Fahrbahn ab. Hier durchbrach es den Wildschutzzaun und überschlug sich mehrmals.



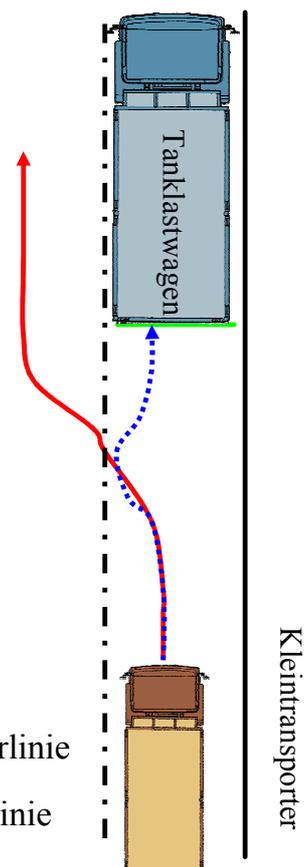
**Problematik:**

- unangepasste Geschwindigkeit
- unzureichende Erfahrung mit fahrdynamischen Eigenschaften von Kleintransportern



03-077

**Probleme bei Spurwechsel auf BAB und Auffahrunfall eines Transporters**



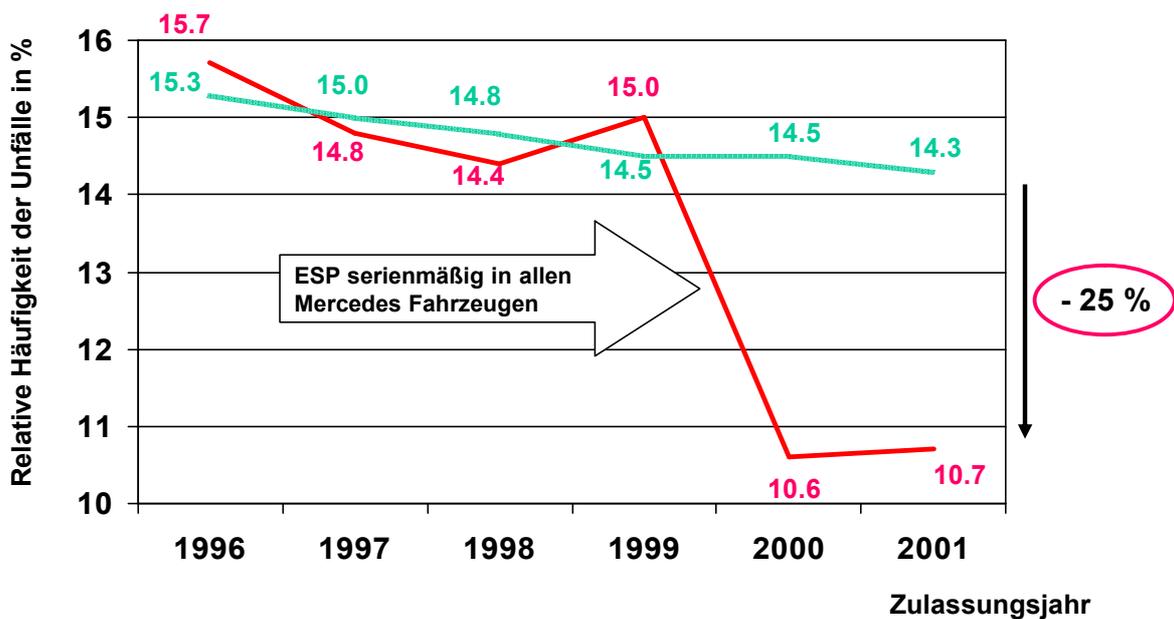
- beabsichtigte Fahrlinie
- ⋯ tatsächliche Fahrlinie

Selektionskriterien

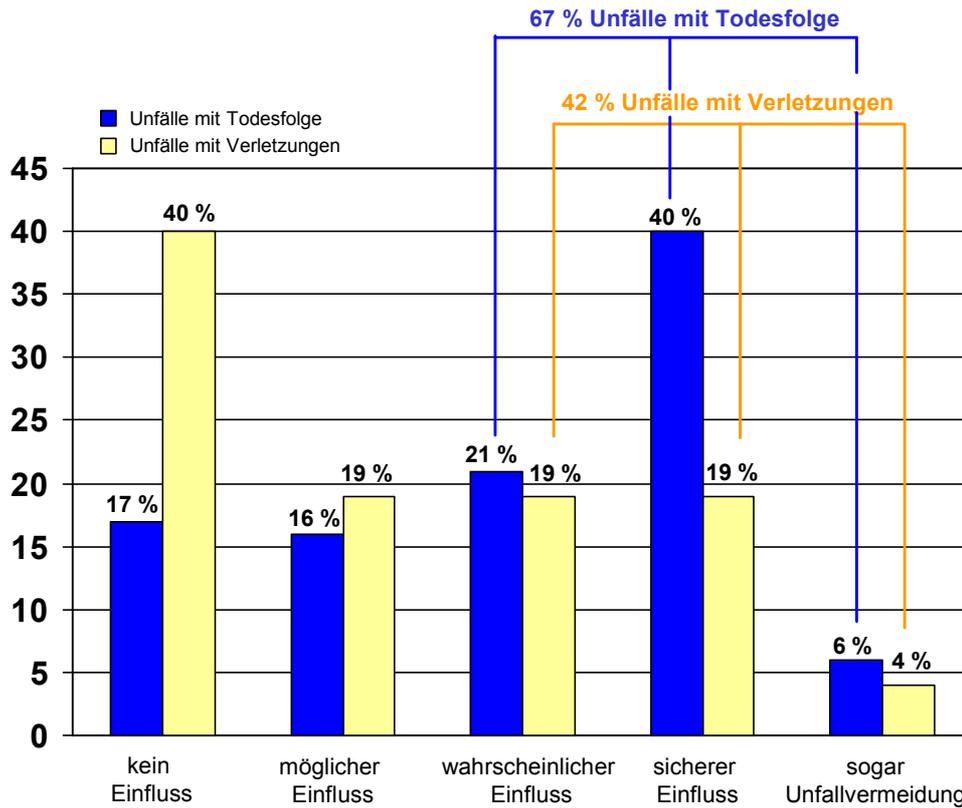
Pkw-Modell	VW Golf IV mit / ohne ESP Mercedes C-Klasse mit / ohne ESP
Schadenumfang	1.500 € und mehr
Polizeiliche Erhebungsakte	vorhanden, Unfalldokumentation
Unfallzeitraum	1.1.2000 - 30.6.2002

Unfälle mit / ohne ESP							
Anzahl	Golf IV				Mercedes C-Klasse		
	Baujahr 1997 / 1998		Baujahr 2000 / 2002		Baujahr bis 2000		Baujahr 2000 / 2002
	ohne ESP		mit ESP		ohne ESP		mit ESP
	186		99		207		27
insgesamt		285				234	
ESP nicht eindeutig zu klären				13 Fälle			
Insgesamt				532 Fälle			
Unfälle mit Schleudern	8		1		13		1
Insgesamt			23 Unfälle mit Schleudern in der Pre-Crash Phase				

Unfälle mit Verlust der Fahrzeugkontrolle in Abhängigkeit vom Beobachtungsjahr



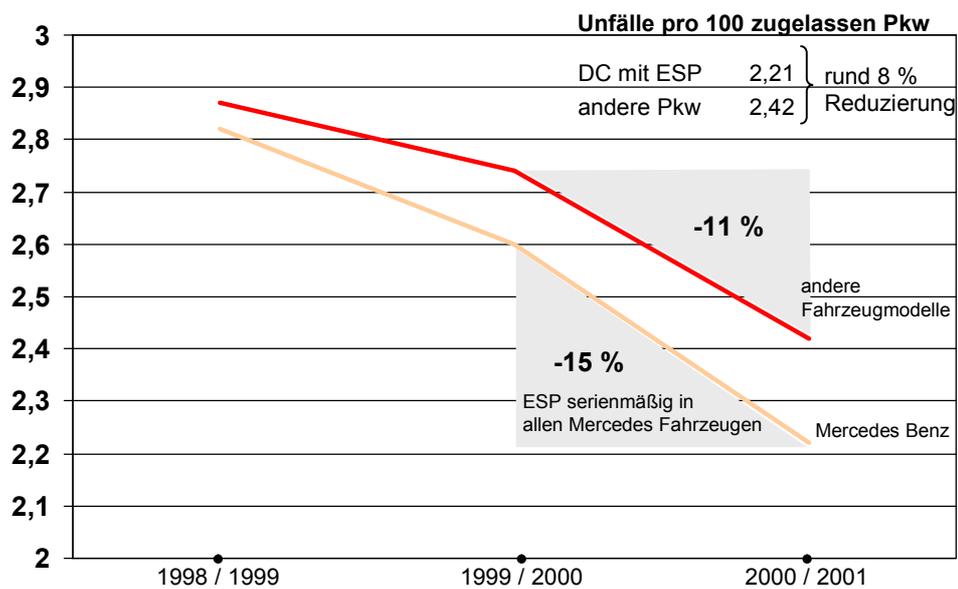
# Unfallvermeidungspotenzial durch ESP für alle Unfälle mit Verlust über die Fahrzeugkontrolle



Quelle: EACS

# Unfälle in Deutschland 1998 - 2001

Beteiligte Fahrzeuge an Unfällen pro 1.000 zugelassene Fahrzeuge



Quelle: DaimlerChrysler

Small front wheel drive models			
Case car models	Control car models	Case cars	Control cars
AUDI A2	AUDI A3	10	1
AUDI A3	VOLKSWAGEN GOLF 1998-	98	281
MERCEDES-BENZ A-CLASS		66	
<b>Sum</b>		<b>174</b>	<b>281</b>
● Average speed limit (km/h)		66	69
Large front wheel drive models			
Case car models	Control car models	Case cars	Control cars
AUDI A4 2001-	AUDI A4 1994-2000	29	162
AUDI A6	AUDI A6	43	83
CITROËN C5	CITROËN C5	7	8
PEUGEOT 607		6	503
SAAB 9-5	SAAB 9-5	10	
VOLKSWAGEN PASSAT 4	VOLKSWAGEN PASSAT 4	45	430
<b>Sum</b>		<b>140</b>	<b>1186</b>
● Average speed limit (km/h)		69	70
Large rear wheel drive models			
Case car models	Control car models	Case cars	Control cars
BMW 3-SERIE 98-	BMW 3-SERIE 98-	36	99
BMW 5-SERIE 96-	BMW 5-SERIE 96-	34	67
MERCEDES-BENZ C-CLASS 203 2001-	MERCEDES-BENZ C-CLASS 202 1994-2001	25	38
MERCEDES-BENZ E-CLASS W210 1996-2001	MERCEDES-BENZ E-CLASS W210 1996-2001	9	295
MERCEDES-BENZ E-CLASS W211 2002-		3	
MERCEDES-BENZ S-CLASS 99-		3	
<b>Sum</b>		<b>110</b>	<b>499</b>
● Average speed limit (km/h)		63	65
<b>Others</b> 	<b>Sum</b>	18	
	<b>Total Sum</b>	<b>442</b>	<b>1967</b>

Quelle: SNRA  
Folksam

ESP Nutzen bei Unfällen mit Personen Verletzungen

Alle Unfälle ohne Auffahrunfälle	22,1 + / - 21,0 %
Unfälle auf trockener Straße	9,3 + / - 28,3 %
Unfälle auf nasser Straße	31,8 + / - 23,4 %
Unfälle auf Straße mit Glätte	38,2 + / - 26,1 %

↑ Mittelwert    ↑ 95 % confidence limits

Quelle: SNRA  
Folksam

**Ergebnisse aus Unfalluntersuchungen**

Art	Anteil ESP relevanter Unfälle (meist Schleuderunfälle)	Quelle
Pkw schwere Unfälle	20 %	Toyota
Pkw Unfälle mit Verletzten	25 %	GDV/IFM DaimlerChrysler EACS
Pkw Alleinunfälle mit Verletzten	40 - 60 %	GDV/IFM
Lkw Unfälle mit Verletzten	ca. 9 %	GDV/IFM
Pkw Unfälle mit Todesfolge	34 - 43 %	DaimlerChrysler EACS

Zu erwartende Reduzierung von Schleuderunfällen (EACS)

bei Unfällen mit Personenverletzungen	- 42 %
bei Unfällen mit Todesfolge	- 67 %

**Vergleichende Unfalluntersuchungen von Pkw mit / ohne ESP**

	Beobachtungsjahr	Rückgang Schleuderunfälle	Quelle
alle Fahrzeugmodell DaimlerChrysler	1998 - 2001	- 25 %	DC
(bei DC E-Klasse)		- 35 %	DC
VW Golf IV DaimlerChrysler C-Klasse } }	2000 - 6/2002	( deutlicher Rückgang mehr als ein Drittel ) *	GDV

\* wegen Teiluntersuchungen noch keine signifikante Ergebnisse anzugeben

**Rückgang Unfälle**  
**in Vergleichsgruppen mit / ohne ESP**

DaimlerChrysler alle Unfälle	2000/2001	- 8%	
Toyota (3 Modelle)	1994/2000		
Alle bzw. schwere Unfälle		- 35 bis 50 % bei Alleinunfällen	
Unfälle mit Verletzten		- 30 bis 40 % Frontalkollisionen mit Kfz	
		- 35 % bei Alleinunfällen und Frontalkollisionen	
Swedish National Road Administration	2000 - 2002		
Folksam / Monash			
Alle Straßenbedingungen		- 22 %	± 21 %
Nässe		- 32 %	± 23 %
Glatteis		- 38 %	± 26 %