

Wege zur Effizienzbetrachtung von Fahrerassistenzsystemen

Hans Kocherscheidt
BMW Group Forschung und Technik

Übersicht

Es werden methodische Vorgehensweisen gezeigt, die zur Bewertung der Effizienz von Fahrerassistenzsystemen angewandt werden können. Da diese Bewertung ein relativ komplexer Vorgang ist, wird man selten auf Anhieb mit einer Methode sofort zum gewünschten Ergebnis gelangen. Um den Prozess der Methodenfindung zu erleichtern, werden auf der Basis der gemachten Erfahrungen anhand von Beispielen die Aussagefähigkeiten verschiedener Methoden diskutiert, aber auch die jeweiligen Einschränkungen, die bei jeder Methode gegeben sind. Zunächst werden die Qualitäten der Daten, auf denen eine Bewertung beruhen muss, analysiert, um dann auf die einzelnen Bewertungsmethoden einzugehen.

1. Einleitung

Ein Mensch macht Fehler und fehlerhaftes menschliches Verhalten ist auch im Straßenverkehr nicht auszuschließen. Aber selbst regelgerechtes Verhalten kann, wie am Beispiel Auffahrunfall beweisbar ist [1], zu einem juristisch verschuldeten Unfall führen. Insofern ist es sinnvoll, Systeme zu entwickeln, die den Fahrer bei seinen Entscheidungen unterstützen. Assistenzsysteme werden nicht immer sofort einen messbaren Sicherheitsnutzen haben, der indirekte Nutzen für die Sicherheit als Komfortsystem wird oft der erste Systemschritt sein. Dass die Entwicklung dieser Systeme keine einfache Aufgabe ist, dessen ist sich jeder, der sich mit dieser Thematik näher befasst hat, durchaus bewusst und deshalb ist es äußerst wichtig, zuerst den möglichen Nutzen eines Systems voraussagen zu können.

2. Bewertungsvoraussetzung

Vorraussetzung für eine Bewertung von Fahrerassistenzsystemen ist eine genaue Systemdefinition. Hier beginnen die ersten Schwierigkeiten: das System sollte ja dort ansetzen, wo die Effizienz am höchsten ist. Auf der anderen Seite lässt sich die Effizienz erst bestimmen, wenn die Systemmöglichkeiten definiert sind, die zu Beginn der Entwicklungsphase oft noch nicht genau feststehen. Dieser vermeintliche Widerspruch lässt sich aber durchaus lösen, wenn sich beide Disziplinen von einer Grobdefinition zu einer Feindefinition bzw. am Beispiel der Unfallanalyse von einer pauschalen Potenzialaussage zu einer differenzierten Bewertung iterativ nähern.

3. Unfalldaten als Bewertungsgrundlage

Die wichtigste Grundlage für eine Sicherheitsbewertung ist die Bewertung der Realität und damit die Analyse des realen Unfallgeschehens. Die Vielzahl der Unfallabläufe und der hohe Stand der Sicherheit bringt es mit sich, dass sich heute mit einer einzelnen Maßnahme normalerweise nur wenige Prozentpunkte der Anzahl der Unfälle beeinflussen lassen. Trotzdem: Bei heutigen Großserienstückzahlen von Automobilen lässt sich für ein Fahrzeugmodell errechnen, dass bei Einführung einer Sicherheitsmaßnahme, die „nur“ 1% der Unfälle mit Getöteten reduziert - über die Laufzeit und bei Annahme einer Gesamtfahrzeugstückzahl von 2 Mio. Fahrzeugen für ein Modell - etwa 100 Menschenleben gerettet werden können. Das heißt, auch

relativ geringe Wirksamkeiten von Sicherheitssystemen können über die lange Laufzeit eines Automobils durchaus messbare Effekte bewirken.

3.1 Auswahl und Umgang mit Unfalldaten

Die Auswahl der passenden Unfallstatistik ist von der Fragestellung abhängig. Das Auftreten eines Unfalles ist ein komplexer multikausaler Vorgang, der nicht mit einer einzigen Ursache, sondern nur durch viele auch sich gegenseitig beeinflussende Parameter beschreibbar ist. Jedes Unfallaufnahmeteam hat eine bestimmte Zielrichtung, wo Sicherheitsverbesserungen eingesetzt werden sollen. So setzt ein Team eines Automobilherstellers naturgemäß auf die Verbesserung des Automobils, während ein Team eines Verkehrsinstituts hauptsächlich auf die Verbesserungsmöglichkeiten im Bereich des Straßenumfeldes zielt. Gemäß diesen Zielen werden dann die entsprechenden Ursachen in den Aufnahmefragebogen aufgenommen. Voraussetzung für die Auswahl der Unfalldaten ist es, die Arbeitsweise und Zielrichtung der Unfallaufnahmeteams zu kennen, um auf die gestellten Fragen Antworten zu erhalten, die dem gleichen Verständnis entsprechen. Ein Beispiel kann dies veranschaulichen: Eine Datenbank, die zielgerichtet zur Verbesserung der Passiven Sicherheit aufgebaut wurde, enthält sehr detailliert die Beschädigungen der einzelnen Fahrzeugbauteile. Aus einer Heckbeschädigung lässt sich aber noch nicht mit Sicherheit ableiten, dass es sich um einen Auffahrunfall handelte. Dazu benötigt man die Aufprallrichtung, aber auch noch andere detailliertere Angaben. Mit einigen Ableitungen und Abschätzungen aus den vorhandenen Daten kommt man trotzdem sehr häufig zu der erhofften Aussage.

3.2 Einfluss der Unfallschwere

Wichtig für die genaue Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen aus Unfalldaten ist die Betrachtung der passenden Unfallschwere. Das Ziel von Sicherheitsmaßnahmen wird es meist sein, zumindest schwere Unfälle zu vermeiden, d.h. Unfälle, bei denen Schwerverletzte bzw. Getötete zu beklagen sind. Diese Zielsetzung ist am schwierigsten erreichbar, da diese Unfälle sich in einem höheren Geschwindigkeitsbereich als Sachschadensunfälle ereignen und daher das Zeitfenster von einer erkennbaren Gefahr bis zum Unfall nur Zehntel-Sekunden beträgt (mit Ausnahme von Schleuderunfällen). Ist ein System angedacht, das in dieser Situation eine Warnung abgibt mit einer anschließenden Handlung, die der Fahrer einleiten muss, so kann berechnet werden, ob diese Zeitfenster bei einer hohen Unfallschwere zur Verfügung stehen. Falls diese Zeitfenster zu kurz sind, muss dann deren Nutzwert mit den statistischen Zahlen von leichten Unfällen errechnet werden. **Bild 1** zeigt aus den Daten der BMW Unfallforschung die Verteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten innerorts, die allein aus der Energie der Verformung verunfallter Fahrzeuge errechnet wurden. Für die Berechnung der Fahrgeschwindigkeit müssen noch eventuelle Bremswege und Auslaufwege berücksichtigt werden. Aus der Überlegung heraus, dass die vorgeschriebenen Geschwindigkeiten innerorts selten über 60km/h sind, lässt sich aus der EES (Energy Equivalent Speed)-Verteilung (80% über EES 30 km/h) der Unfälle ableiten, dass die erforderlichen Zeitspannen für Warnungen bei Unfällen mit Personenschaden weniger häufig auftreten. Bei Unfällen mit Sachschäden treten längere Zeitspannen zwischen erkennbarer Gefahr und notwendiger Handlung auf, dieses Unfallmaterial würde sich dann besser für die Abschätzung von Sicherheitspotenzialen eignen.

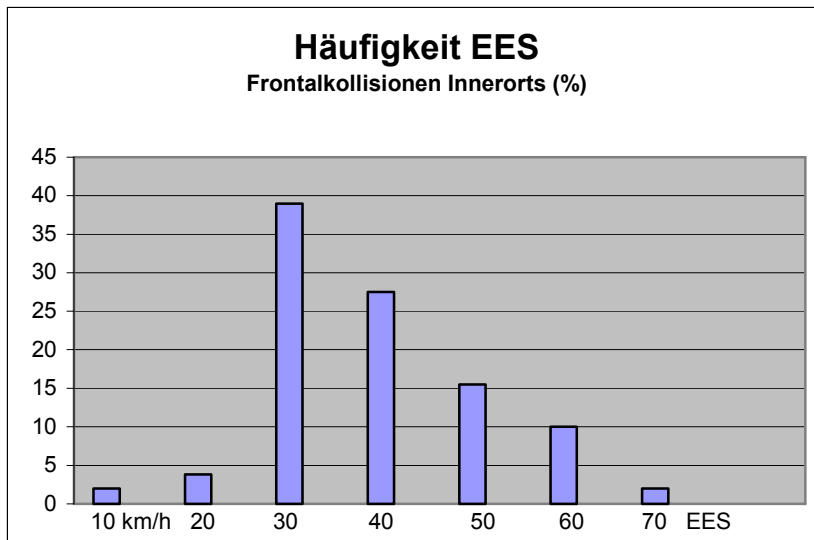


Bild 1 Häufigkeit der Energy Equivalent Speed (EES) Innerorts (Unfälle mit Verletzten, BMW Unfallforschung)

3.3 Nötige Anzahl von Unfällen für statistische Auswertung

Je genauer die Unfälle dokumentiert sind, desto geringer ist naturgemäß die Zahl der Fälle. Bei einer Großzahlstatistik kommt zu der eingeschränkten Zahl der aufgenommenen Parameter auch noch hinzu, dass das Erhebungspersonal meist eine geringere Qualifizierung besitzt. So muss man sich in der Unfallanalyse, zumindest bisher, zwischen Qualität und Quantität entscheiden. Hierbei ist beruhigend, dass die statistische Aussagefähigkeit nur begrenzt von der Anzahl der analysierten Fälle abhängt, entscheidend ist die Varianz des Ergebnisses. Von einem qualifizierten Fachteam aufgenommene Unfälle zeigen für die meisten Fragestellungen schon unter 300 Fällen geringe Standardabweichungen und sind damit schon bei dieser Zahl für viele Fragestellungen aussagekräftig. **Bild 2** zeigt eine Auswertung der BMW Unfallforschung mit verschiedenen Fallzahlen, ab 250 Fällen stabilisiert sich die Aussage, d.h. die Auswertung von wesentlich mehr Unfällen führt dann zu einem nahezu gleichen Ergebnis. Eine schrittweise Verfolgung der Ergebnisse wie in Bild 2 verdeutlicht, kann also den Aufwand wesentlich reduzieren.

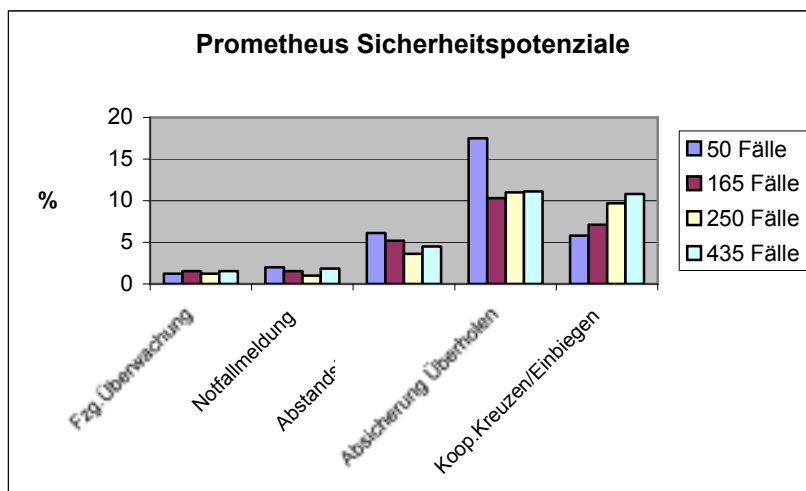


Bild 2 Berechnung von Prometheus Potenzialen mit verschiedenen Fallzahlen
Quelle: BMW Unfallforschung, 1989

3.4 Aussagefähigkeit von Unfalldaten

Die amtliche Bundesstatistik kann nur Aussagen über Größenordnungen und Maximalpotenziale bringen, da die Zielrichtung dieser Statistik auf die Schuldfrage der beteiligten Verkehrsteilnehmer gerichtet ist. Zum Beispiel kann man zwar ermitteln, wie viele tödliche PKW/Fußgängerunfällen sich ereignen, die Aussagen über die Unfallorte, Unfallursache etc. beziehen sich aber wieder auf alle Fußgängerunfälle (auch mit Bus, LKW etc). Tiefgehende Analysen müssen dann in Form von Sonderauswertungen oder mit Daten anderer Unfallforschungsteams gemacht werden.

3.4.1 Wahl der Expositionsgröße

Um ein Risiko zu bewerten, muss die durchgeführte „Tätigkeit“ auf eine „Exposition“ bezogen werden. Eine Bewegung im Straßenverkehr wird im allgemeinen zur Erreichung eines Ortszieles durchgeführt. Daher sollte dieses Risiko auf eine Strecke bezogen werden, im Gegensatz zu Risiken in der Arbeit oder bei Freizeitaktivitäten, wo das Risiko sinnvollerweise auf einen Zeitraum bezogen wird. Da aber nicht jede Strecke zu jeder Zeit das gleiche Risiko darstellt, muss auch noch nach örtlicher und zeitlicher Exposition differenzierter unterschieden werden. Derartige Expositionsdaten stehen aber meist nicht zur Verfügung. Um diesem Dilemma zu entgehen, kann man versuchen, Expositionsdaten direkt aus den Unfalldaten abzuleiten: Es lässt sich sicher nicht bestreiten, dass eine Beteiligung an Unfällen, ohne Verursachung, in Zusammenhang mit der Beteiligung am Straßenverkehr steht. Die Verwendung der Unfallbeteiligung als „Quasi-Exposition“ ist auch in der Literatur schon zu finden: Engels und Dellen [2] kommen zu dem Ergebnis „dass es mit Hilfe spezieller Hypothesenbildung möglich ist, das Verkehrsunfallrisiko, wenn auch nicht absolut, so doch relativ quantifizierend zu bewerten.“

Brühning und Völker [3] stellen jedoch fest, dass „Bezugsgrößen, die dem Unfallgeschehen entnommen sind, nicht als Exposuregrößen aufgefasst“ werden dürfen. Es muss somit sehr vorsichtig mit der Unfallbeteiligung als Maß für die Exposition im Straßenverkehr umgegangen werden und fallweise entschieden werden, ob und welche Aussagen aus der Statistik zulässig sind. Die Unfallbeteiligung bei nicht verschuldeten Unfällen ist sicher kein genaues Maß für die Exposition, die ermittelten Fahrleistungen stammen aber auch nur aus einer Hochrechnung von einigen Messpunkten auf verschiedenen Strassenstrecken. Mit beiden Bezugsgrößen muß bei einer Auswertung kritisch umgegangen werden [4]. Für qualitative Aussagen bei Vergleichen ist diese Methode jedoch häufig sehr aussagefähig. **Bild 3** zeigt als Beispiel das Risikoverhalten der gefährdeten Altersgruppen von weiblichen und männlichen Fahrern auf, das mit der „Quasi-Expositionsmethode, bei der die Verhältniszahl Verursacher/Beteiligte gebildet wird, errechnet wurde.

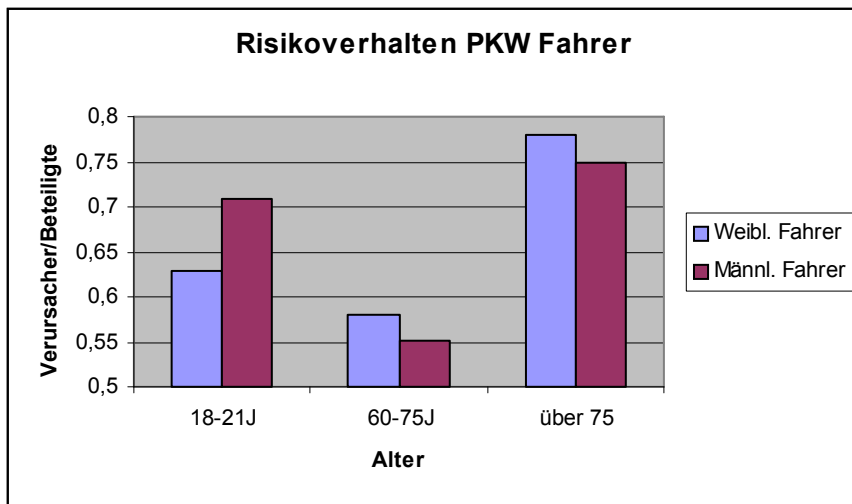


Bild 3 Risikoverhalten von Pkw Fahrern verschiedener Altersgruppen
Quelle: Statistisches Bundesamt 2001

3.4.2 Wertung der Aussagen der Unfallbeteiligten und Zeugen

Bei der Bewertung der Unfallursachen nach den Aussagen der Unfallbeteiligten und der Zeugen muss man sich bewusst sein, dass sich niemand gerne selbst belasten will und dazu tendiert, die Schuld auf den Unfallgegner bzw. bei Zeugen auf den weniger sympathischen Unfallbeteiligten zu schieben. Die Wahrheit über das Verhalten der Beteiligten kurz vor dem Unfall wird somit häufig im dunkeln bleiben, rechtlich unkritische Äußerungen, wie z.B. „von der Sonne geblendet“ tauchen in der Statistik häufiger auf und müssen zum Teil als Schutzbehauptungen bewertet werden. Das Verhalten des Fahrers kurz vor dem Unfall ist gerade die interessanteste Phase für die Auslegung von Fahrerassistenzsystemen. Somit ist bei der Analyse des Unfallmaterials kritische Wertung und Kreativität gefragt, um vielleicht aus dem Gesamtzusammenhang eines Unfallablaufs wahrscheinlichere Aussagen ableiten zu können als diejenigen, die in den Daten erscheinen.

3.4.3 Ursächlichkeit

Es gibt Zustände und Verhalten von Fahrern, die statistisch vermehrt zu Unfällen führen und die deshalb vermeintlich in amtlichen Statistiken als Unfallursachen definiert werden, es aber häufig gar nicht sind. So führen z.B. der Zustand des Fahrers „alkoholisiert“ und das Verhalten „zu schnelles Fahren über der vorgeschriebenen Geschwindigkeit“ nur zu einem vermehrten Unfallrisiko, wenn beide Faktoren stark ausgeprägt sind (z.B. BAC>0,8‰) [5]. Sind nur geringe „Überschreitungen“ vorhanden, ist eine vermehrte Unfallhäufigkeit oft wissenschaftlich nicht nachgewiesen, folglich dürfen diese Faktoren dann auch nicht bei einem Unfall als ursächlich betrachtet werden. Für die Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen ist darauf zu achten, dass ein wirklich ursächlicher Faktor in die Berechnung einfließt und dass reine Zustandsbeschreibungen unberücksichtigt bleiben. Ein weiteres Beispiel kann dies veranschaulichen: eine nasse Fahrbahn ist ein Zustand der Fahrbahn, je nach Ablauf des Unfalles kann dieser Zustand als Ursache eines Unfalles auftreten oder mit der Unfallursache nichts zu tun haben.

3.4.4 Dunkelziffer in Unfallstatistiken

Betrachtet man zunächst die Grundlage von Sicherheitsberechnungen, nämlich Unfallstatistiken, so weist selbst die Amtliche Bundesstatistik, die vielfach als umfassend angesehen wird, teilweise relativ hohe Dunkelziffern auf, d.h. eine relativ hohe Zahl nicht erfasster Unfälle. Dieser Anteil sinkt mit der Unfallschwere. So liegt

der Anteil der nicht polizeilich erfassten Unfälle je nach Unfallschwere bei bis zu 75% (Bild 4).

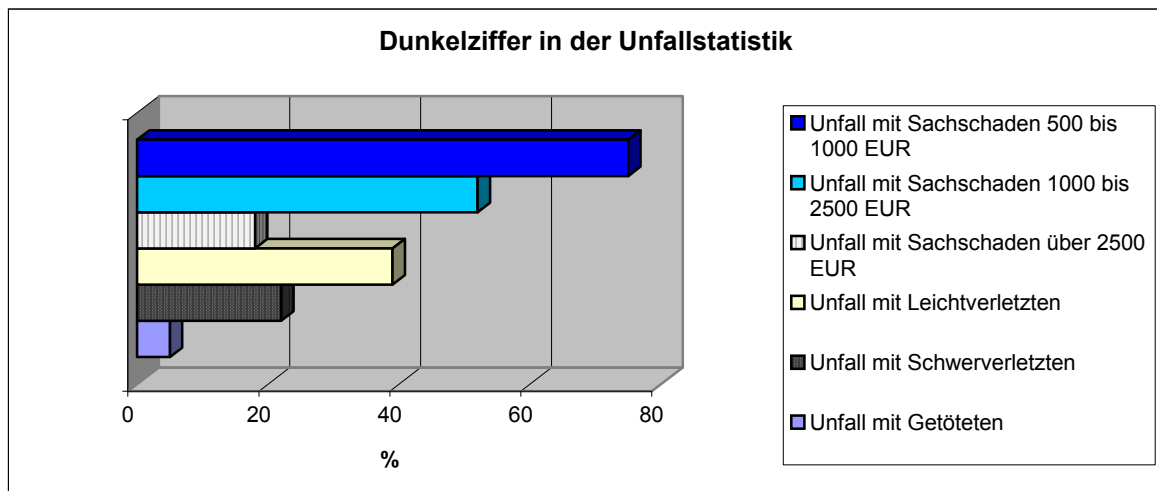


Bild 4 Dunkelziffer, getrennt nach Unfallschwere [6]

Normalerweise können derartige Zahlen von Dunkelziffern unberücksichtigt bleiben, weil meist nur relative Vergleich gezogen werden. Bei volkswirtschaftlichen Berechnungen, insbesondere bei Vergleichen mit verschiedenen Unfallschweren, können jedoch erhebliche Fehler auftreten, wenn die Quote der nicht gemeldeten Unfälle außer acht gelassen wird.

4. Methodik der Unfalldatenauswertung

4.1 Prospektive Bewertung anhand Unfallanalysen

Für tiefergehende Erkenntnisse im Unfallgeschehen müssen In-Depth Erhebungen analysiert werden. Die aktive Sicherheit hat in diesen Erhebungen jedoch, bis auf wenige Ausnahmen, erst in den letzten Jahren einen Platz gefunden, was die Bewertungsaufgabe zusätzlich erschwert. Welche Unfallbasis zu welchen Fragestellungen am besten geeignet ist, diese Frage stellt sich für die meisten Auswerter nur theoretisch, denn einen tiefergehenden Zugang zu In-Depth-Daten hat man eigentlich nur, wenn man der jeweiligen Organisation zugehörig ist oder die Auswertung im Auftragsverfahren vergibt. Die erfolgreichste, aber auch aufwändigste Auswertung von Unfalldaten besteht darin, gut dokumentierte Unfallanalysen fallweise zu betrachten und dabei jeweils anhand des Unfallablaufes das Potenzial der Unfallvermeidung eines zukünftigen Assistenzsystems abzuschätzen.

Wesentlich schneller kann eine Auswertung erfolgen, wenn die Funktion des Assistenzsystems in den Unfallfragebogen aufgenommen wurde. Da sehr häufig die Aussagefähigkeit für die Wirksamkeit unsicher ist, kann man die Aussage mit der Angabe eines Wahrscheinlichkeitsgrades versehen (Bild 5).

Unfallart	Anteil	Zukunftsentwicklung	Zukünftiges Reduktionspotential
Schleuderunfall	35%	Stark abnehmend	Ca. 1/4
Einbiegen, Kreuzen	20%	wachsend	Ca. 1/4
Fußgängerunfall	10%	abnehmend	< 10%

Bild 5: Beispiele von Zukunftsabschätzungen von Fahrerassistenzsystemen (Volkswirtschaftliche Berechnung)

4.1.1 Prospektive Bewertung von Fahrzeugstabilisierungssystemen

-BMW Unfallforschung

ABS: Eine Auswertung der BMW Unfallforschung von 510 Unfällen mit Schwerverletzten Ende der 80er Jahre erbrachte ein Reduktionspotenzial von ca. 3% der Unfälle. Die Beurteilung erfolgte relativ aufwändig, indem der Unfallablauf jedes Unfalles analysiert wurde und die Frage gestellt wurde, ob und in welchem Maße bei diesem Unfall ein ABS-System den Unfall hätte verhindern können. Diese Zahl ist für schwere Unfälle ermittelt worden. Ein Vorher-/Nachhervergleich ist mit diesen Daten von BMW Fahrzeuge nicht machbar, da die ABS-Systeme serienmäßig immer bei einem Modellwechsel einsetzen.

DSC/ESP: Mit der gleichen Methode, mit der ABS bewertet wurde, hat man auch das DSC System einer Bewertung unterzogen. Das Potenzial wurde bei schweren Unfällen mit ca. 14% Unfallreduktionspotenzial errechnet. Der Schleuderunfall ist gerade bei sehr schweren Unfällen die häufigste Unfallart beim PKW, so wird dieses System auch auf lange Sicht gesehen den besten Nutzen/Kosteneffekt erzielen.

4.1.2 Prospektive Bewertung von Fahrerassistenzsysteme

- DEKRA

Im Rahmen von PROMETHEUS analysierte 1993 DEKRA [7] 100 Unfälle, die gut dokumentiert waren. Es wurden 9 PROMETHEUS Funktionen auf ihre mögliche Wirksamkeit bei Unfällen überprüft. Um der unsicheren Aussagefähigkeit gerecht zu werden, wurde die Wahrscheinlichkeit der möglichen Unfallvermeidbarkeit in 5 Stufen von „definitiv nicht beeinflusst“ bis „vermieden“ gegliedert. Die beiden Untergliederungsbegriffe „wahrscheinlich weniger schwer“ und „definitiv weniger schwer“ verdeutlichen, dass ein genauer Wert eines Wirkpotenzials schwer anzugeben ist und, dass die Begriffsbestimmung der Passiven Sicherheit mit „Reduzierung der Unfallfolgen“ bzw. der Aktiven Sicherheit mit „Vermeidung des Unfalles“ bei Assistenzsystemen fließend ineinander übergehen.

- PRO-GEN 1990

Von der PRO-GEN Safety Group [8] wurde 1990 im Rahmen des Prometheus Projektes eine Wirksamkeitsbewertung von Prometheus Maßnahmen in Auftrag gegeben (**Bild 6**). In dieser Studie wurden 3 unterschiedliche Statistiken aus den Ländern Deutschland, Frankreich und England analysiert und die Ergebnisse gegenübergestellt. Diese geschätzten Maximaleffekte führten damals bei den Prometheus Beteiligten zu einer gewissen Ernüchterung, da die Effekte für manche Maßnahmen als relativ gering eingeschätzt wurden. Die unterschiedlichen Werte der Effekte rühren zum Teil aus regionalen Unterschieden her, der größere Anteil der Differenzen dürfte aber von der jeweiligen spezifischen Datenstruktur geprägt sein. So können bei einer Unfallschwere, die z.B. schwerer ist oder bei abweichender Unfallortverteilungen (Stadt/Land) erhebliche Differenzen auftreten. Relativ hoher Nutzen wurde den 2 Prometheusmaßnahmen „Intersection control“ und „Monitoring of driver condition“ zugeschrieben.

Estimated maximal effects (%)

PROMETHEUS-function	Germany (Marburger et al)	France (Fontaine et al)	U.K. (Broughton)
Overtaking	3	1	6
Intersection control	20	16	-
Monitoring of driver condition	10	5	18

Bild 6 PRO-GEN Safety Group Bewertung von Prometheus Maßnahmen [8]

- Prof.Keller/TU München

Bei Prof.Keller/TU München [9] lief eine ähnliche Nutzenbewertung auf Basis der amtlichen deutschen Bundesstatistik im Auftrag des Forschungsministeriums. Hier zeigt sich, dass für eine Potenzialbewertung die Amtliche Bundesstatistik bei entsprechend hohem Aufwand durchaus verwertbare Ergebnisse bringt. Ein direkter Vergleich zu der PRO-GEN Untersuchung ist in Grenzen möglich, es zeigen sich jedoch ähnliche Priorisierungen, wie z.B. die relativ hohe Nutzenerwartung einer „Intersection control“.

- BMW Unfallforschung

Ende der 80er Jahre wurden die Fahrerassistenzsysteme, die in PROMETHEUS definiert wurden, anhand des Unfallmaterials der BMW Unfallforschung mit gleicher Methodik wie bei ABS bzw. DSC analysiert. **Bild 2** zeigte schon die Ergebnisse dieser Analyse. Das hohe Reduktionspotenzial von Unfällen bei Überholvorgängen ist nur als Potenzial ohne Betrachtung möglicher Systemgrenzen zu sehen, die ein entsprechendes Assistenzsystem hätte. Will man einen sicheren Überholvorgang mit einem Assistenzsystem begleiten, stellt sich bei Berechnung der Zeitabläufe von Überholvorgängen unter Betrachtung üblicher Landstrassengeschwindigkeiten und Sichtweiten sehr schnell heraus, dass Potenziale und Möglichkeiten herkömmlicher Technologien sehr weit auseinander klaffen können. Bei Betrachtung zukünftiger Technologien, wie z.B. Fzg-Fzg-Kommunikation könnten sich jedoch durchaus wesentlich günstigere Effizienzbewertungen ergeben.

4.2 Vorher-/Nachhervergleich

Wird ein System eingeführt, so kann nach einigen Jahren theoretisch ein Vergleich vorher/nachher durchgeführt werden. Bei Maßnahmen im Verkehrsumfeld, wie z.B. an Kreuzungen ist dies eine sehr bewährte Methode. Bei Fahrzeugen führt diese Methode aber häufig nicht zum Ziel, da sich meist nicht nur ein, sondern mehrere Parameter ändern. Es ist zum Beispiel nicht zulässig, neue mit alten Fahrzeugen zu vergleichen, weil sich abgesehen von einem generellen technischen Fortschritt z.B. auch das Altersprofil der Fahrer ändert und damit die Fahrleistungen und das Risikoverhalten.

Auswertungen zu ABS

- HUK Verband

Eine Nutzenprognose des HUK-Verbandes [10] aus dem Jahre 1973 ergab anhand eines Unfallmaterials von 350 Fällen bei Pkw-Kollisionen mit Personenschaden einen sicheren Nutzen von 7%. Die Versicherungen führten Anfang der 80er Jahre [11] in Hinblick auf eine Unterstützung der Verbreitung von ABS einen Versicherungsrabatt ein. Da das Bundesaufsichtsamt für Versicherungen für jede Rabattgewährung einen Nachweis verlangt, versuchten die Versicherungen auf Grundlage der Schadenshäufigkeiten die Rabattgewährung zu begründen. Aufgrund der Vielzahl der Einflußparameter konnte kein Nachweis erbracht werden und die Versicherungen mussten ihren Rabatt wieder zurücknehmen. Wie leider immer wieder in Publikationen danach behauptet wurde, war dies kein Negativergebnis für ABS, sondern lediglich das Scheitern eines Nachweises, der mit dem vorhandenen Datenmaterial statistisch nicht verifizierbar war.

- Untersuchungen Aschenbrenner/Biel [12] und HLDI [13]

Auch diese beiden Untersuchungen mit 847 Taxi-Unfällen bzw. 91/92`Modellen mit/ohne ABS kommen nicht zu eindeutigen Ergebnissen. Die Aussage des damaligen HLDI Präsidenten O`Neill: „Wir wissen nicht, wie viele Unfälle das ABS-

System verhindert hat, aber die Untersuchung gibt einen Hinweis, dass die Anzahl nicht sehr hoch sein kann“ zeigt zumindest eine positive Systembewertung.

- Folksam-Studie/ESV 94 [14]

Diese Studie untersuchte Fahrzeuge des gleichen Typs mit/ohne ABS anhand von Polizeiunfallprotokollen und konnte zumindest Unfallreduktionen auf Schnee/Eis feststellen.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Bewertung ABS zeigen eine Wirksamkeit im Bereich von unter 10% Unfallreduktion für den PKW. Dies rührt auch daher, dass bei sehr vielen Unfällen die Zeit zum Bremsen fehlt, bzw. der Fahrer instinktiv versucht das Fahrzeug zunächst ohne Bremsung auf Kurs zu halten. Aus einer Untersuchung von Alleinunfällen [15] hat sich ergeben, dass nur bei 17% der untersuchten 600 Unfälle eine Blockierbremsung stattgefunden hat. Zudem treten sehr niedrige Reibwerte, wie bei Schnee und Glatteis, wo ABS noch ein Lenken während des Bremsvorganges erlaubt, bei weniger als 10% der Unfälle auf.

- Statistisches Bundesamt/DaimlerChrysler

Eine repräsentative Stichprobenanalyse, die das Statistische Bundesamt im Auftrag von DaimlerChrysler [16] durchführte, zeigte, dass sich der Anteil der Fahrunfälle von ca. 15% auf 11% reduzierte.

4.3 Unfallrekonstruktion: Berechnung der Handlungs-Zeitfenster

Bei gut dokumentierten Unfällen ist eine Rekonstruktion der Phase vor dem Unfall unter gewissen Annahmen möglich. Annahmen müssen getroffen werden, dies ist auch eine übliche Praxis bei Unfallgutachtern, da nach einem Unfall genaue Angaben über Reaktionszeiten oder Fahrzeugabständen schwierig zu erhalten sind. Die Variationen der Annahmen ergeben dann Zeitspannen, die als Grundlagen für eine Systembewertung oder auch Systemausprägung verwendet werden können.

Dieser Bewertungsschritt, der einer Potenzialbewertung folgen sollte, bringt eine Häufigkeitsverteilung für die Wirksamkeit von einzelnen Systemausprägungen. So lässt sich beispielsweise ableiten, ob und wann Warnungen sinnvoll sind.

4.4 Volkswirtschaftliche Berechnung

Wie schon im Kapitel „Einfluss der Unfallschwere“ beschrieben, beeinflusst die Wahl der Unfalldaten die Systembewertung. Die Unfallarten sind in ihrer Verteilung abhängig von der Unfallschwere, die bei jedem Unfall den zeitlichen Ablauf bestimmt. Schwere Unfälle geschehen bei hohen Geschwindigkeiten, d.h. die möglichen Systemzeiten (erfassen und reagieren) sind im Vergleich zu einem leichten Unfall extrem kurz. Insofern kann es sein, dass einige Systeme mehr bei leichten Unfällen, andere mehr bei schweren Unfällen ihre größte Wirkung zeigen. Um in diesen Fällen für Vergleich eine Basis für eine aussagefähige Priorisierung zu haben, muss eine volkswirtschaftliche Berechnung durchgeführt werden. Die BAST [17] veröffentlicht jährlich Kostensätze für die jeweiligen Unfallschweren, die hierfür als Grundlage dienen können. Es ist sicher oft schwierig für die jeweilige Frage Zahlen in den Unfallstatistiken zu finden. Hier helfen veröffentlichte Sonderuntersuchungen, aus denen man dann die Größenordnungen hochrechnen kann. Die Suche nach genauen Zahlen für jede Unfallschwere wird oft nicht erfolgreich sein. Da es sich in den meisten Fällen jedoch um eine Priorisierung von Maßnahmen handelt, ist eine sachkundige Hochrechnung von Zahlen durchaus ausreichend.

Eine volkswirtschaftliche Berechnung für die Bewertung von Assistenzsystemen ist die beste Methode, wenn ein Systemranking für Sicherheitspotenziale durchgeführt werden soll, sie bedeutet jedoch einen relativ hohen Aufwand und wird deshalb

wenig angewandt. **Bild 7** zeigt eine Berechnung, die auf der Amtlichen Bundesstatistik und auf Preisbasis 1993 beruht.

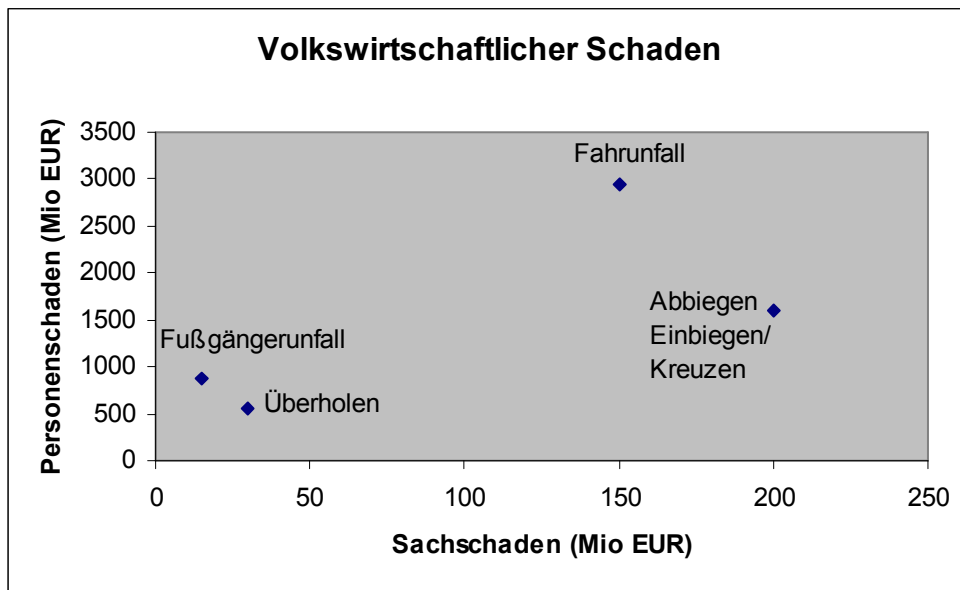


Bild 7 Volkswirtschaftlicher Schaden nach BASt/Amtliche Bundesstatistik 1993

4.5 Ganzheitlicher Ansatz (Life Cycle)

Bei der Projektierung öffentlicher Verkehrsmittel (Straßenbau, U-Bahn Bau, etc.) wird zur Projektbewertung meist ein ganzheitlicher Ansatz [18] durchgeführt, d.h. ein Ansatz, der nicht die verschiedenen Sicherheitsmaßnahmen untereinander vergleicht, sondern die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten dem Nutzen gegenüberstellt. Für eine Maßnahme im Verkehr (z.B. Ortsumgehung) wird monetarisiert: Zeitersparnis, Lärm, Abgas und Unfälle. Diesen „Standardisierten Bewertungen“ wird ein jährlich neu festgelegter Kostenansatz zugrundegelegt. Eine derartige Quantifizierung ist für ein Assistenzsystem auch vorstellbar und wäre eigentlich auch für die Parameter Abgas und Unfälle sinnvoll, da derartige Maßnahmen zumeist ein Fahrzeugmehrgewicht bedeuten. Mehrgewicht bedeutet höherer Benzinverbrauch und damit verbunden höhere ökologische Belastung. Die Problematik eines derartigen Ansatzes liegt in der nicht abschätzbaren Kostenentwicklungen von neuen Technologien. Neue Technologien rechnen sich anfangs sehr selten, daher werden sie auch zuerst in hochpreisigen Fahrzeugen eingeführt.

Analog zu öffentlichen Verkehrsmittel kann beim Pkw der Mehrenergieverbrauch und Mehrausstoß an Schadstoffen (verursacht durch Gewichtserhöhungen einer Fahrzeugverbesserung) über die Fahrzeuglebensdauer kumuliert und monetär bewertet werden. Für den Nutzen wird eine Unfallbewertung anhand von Unfallstatistiken durchgeführt.

$$\frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}} = \frac{\text{Nutzen Verminderung Unfälle (Volksw. Kosten)}}{\text{Höhere Herstellkosten + Ökologische Kosten}}$$

In einer Studie wurden bei BMW die Antriebsschlupfregelsysteme einer Life-Cycle Berechnung unterzogen und es ergab sich, dass die Nutzen/Kostenrelation bei Herstellkosten von ca. 250 EUR ausgeglichen wäre. Hätte man also damals die Einführung dieser Schlupfregelsysteme von einer ausgeglichenen Life-Cycle Berechnung abhängig gemacht, so wären diese Systeme nie in Serie gegangen. Die

Preisreduktion durch Systemweiterentwicklung und Großserienherstellung konnte man vor der Einführung kaum abschätzen.

5. Weitere Bewertungsmethoden

5.1 Befragungsmethodik

Befragungen zu Sicherheitssystemen sind für Bewertungen unerlässlich, da ein Kunde ein System nach seinen subjektiven Eindrücken beurteilt und nicht nach statistischen Unfallwahrscheinlichkeiten, geschweige Kosten/Nutzenrelationen. Grundsätzlich lässt sich alles befragen und ähnlich wie bei der Analyse einer Statistik bekommt man immer Antworten. Auch hier gilt, dass sich nur Dinge sinnvoll befragen lassen, von denen sehr konkrete Vorstellungen existieren. Ein Assistenzsystem wird dann für gut empfunden, wenn es das Gefühl vermitteln kann, im Notfall richtig handeln zu können. D.h. es muss eingreifen, wenn der Fahrer eine Situation als subjektiv gefährlich einschätzt, auch wenn diese Situation vielleicht objektiv noch völlig ungefährlich sein kann. Derartige Situationen können nicht aus Unfallstatistiken abgeleitet werden. Sie sind aus Befragungen zu ermitteln bzw. ergeben sich aus Konfliktsituationen entweder im Straßenverkehr oder im Fahrsimulator.

5.2 Konfliktbewertung

Ein Verkehrskonflikt ist dadurch gekennzeichnet, dass der auslösende Fahrer oder einer der sonstigen Beteiligten mit einer Vermeidungsreaktion den drohenden Unfall vermeidet [19]. Die Gefährlichkeit eines Konfliktes ist abhängig von der Zeitdauer in Relation zur Annäherungsgeschwindigkeit, aber auch andere Parameter wie z.B. die Fahrzeuggröße oder die Verantwortlichkeit der Konfliktpartner können für die Bewertung entscheidend sein [20]. Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalles, d.h. die Relation Konflikt zu Unfall, ist sehr stark von der Unfallart abhängig, damit gestaltet sich eine Hochrechnung auf Unfallzahlen sehr schwierig und ist oft nicht möglich. Für die Bewertung des subjektiven Sicherheitserlebens sind Daten über Konflikthäufigkeiten jedoch sehr gut zu verwenden.

5.3 Unfallsimulation

Sicherheitssysteme können nur begrenzt auf der Strasse erprobt werden, daher ist die Fahrsimulation das Werkzeug, das der Wirklichkeit am nächsten kommt, um Systemverhalten und Fahrerverhalten zu ergründen. Trotz des hohen technischen Standes heutiger Fahrsimulatoren gilt auch hier, wie bei allen Bewertungsmethoden, die Ergebnisse müssen interpretiert werden und sind nicht immer 1:1 übertragbar, die volle Wahrheit kann nur die Realität zeigen.

6. Beeinflussende Parameter der Systemeffizienz

6.1 Sicherheitseinflüsse

6.1.1 Sicherheit durch Komforterrhöhung

Fahrerassistenzsysteme haben eine unterstützende Wirkung, die sowohl komforterrhöhend als auch sicherheiterrhöhend wirken kann. Letztlich kann eine Komforterrhöhung auch eine Verbesserung hinsichtlich Sicherheit bedeuten, es muss aber nicht so sein, z.B., wenn Systeme die Aufmerksamkeit reduzieren, kann dies sogar gegensätzliche Effekte bewirken. Das Thema Komfort einer quantitativen Bewertung zu unterziehen ist aber bei weitem schwieriger als das ohnehin bei der Sicherheit schon der Fall ist, es steckt noch im Stadium der Grundlagenforschung.

6.1.2 Verlässlichkeitserwartung

Wenn man sich auf ein System zu 100% verlassen kann, dass es im entscheidenden Augenblick warnt oder eingreift, dann spielt eine mögliche Reduzierung der Aufmerksamkeit des Fahrers keine Rolle. Auf der anderen Seite wird man aufmerksam bzw. gleich vorsichtig bleiben, wenn man Unzulänglichkeiten eines Systems kennen gelernt hat. Der ungünstigste Fall einer Assistenzausprägung wäre, wenn das System im Konfliktfall immer warnt, bei einer Unfallsituation aber aus Zeitgründen des Konfliktablaufs die Warnung bzw. der Eingriff zu spät oder überhaupt nicht kommt. Insofern müsste bei einer Effizienzabschätzung eventuell ein Negativfaktor „Aufmerksamkeitsreduzierung“ berücksichtigt werden.

6.2 Parameteränderungen über der Zeit

Wie unter 2.2.5 erläutert, kommt ein Unfall durch viele Einflüsse zustande. Insofern kann dieser dann auch durch viele verschiedene Maßnahmen, wie eine Veränderung des Fahrerverhaltens, des Verkehrsumfeldes und der Fahrzeugtechnik verhindert werden. So lassen sich genauere Berechnungen zur aktiven Sicherheit nur aus „In Depth Studies“ ableiten, d.h. aus Unfallanalysen, die sehr gründlich den Unfallhergang rekonstruiert haben. Da sich derartige Untersuchungen sehr aufwändig gestalten, sind die jährlichen Fallzahlen sehr gering und man kann ein Datenmaterial mit einigermaßen statistischer Sicherheit oft erst nach 5-10 Jahren auswerten. Die Fahrzeuge, die dann bei der Auswertung analysiert werden, stammen zum großen Teil aus der vorherigen Fahrzeuggeneration, man will aber Berechnungen für die nächste Fahrzeuggeneration durchführen.

Auch Maßnahmen zur Verkehrssicherheit im Umfeld fließen langsam ein und zeigen ihre volle Wirksamkeit oft erst viel später. Sinnvoll ist es deswegen, mit Korrekturfaktoren zu arbeiten, die den Einfluss des technischen Fortschritts auf das Unfallgeschehen berücksichtigen.

Bild 8 zeigt, abgeleitet aus einer linearen Trendfortschreibung der amtlichen Bundesstatistik, die zukünftige Aufteilung der Unfallhauptverursacher in Abhängigkeit vom Geschlecht. Dies könnte zumindest ein Hinweis sein, Frauen bei der Bewertung zukünftiger Assistenzsysteme stärker mit einzubeziehen. Größere Veränderungen in der Unfallstatistik lassen sich für die Zukunft aufgrund einer veränderter Altersstruktur der Bevölkerung mit einer gleichzeitig wachsenden Führerscheinbesitzquote im Alter erwarten (**Bild 9**). Diese Altersveränderungen haben nicht nur Einfluss auf das Verhalten der Fahrer, wie veränderte Reaktionszeiten oder längere Verarbeitungszeiten erfasster Situationen, sie bewirken auch eine Verschlimmerung der Unfallfolgen infolge größerer Gebrechlichkeit, wenn ältere Insassen im Fahrzeug sitzen. Dies könnte bedeuten, dass Systeme (z.B. Kreuzungsassistent) in Zukunft gerade bei älteren Fahrern eine hohe Effizienz zeigen könnten. In Effizienzbetrachtung sollen diese zukünftigen Entwicklungen bei den Analysen von Unfallstatistiken berücksichtigt und in die Zukunft interpoliert werden.

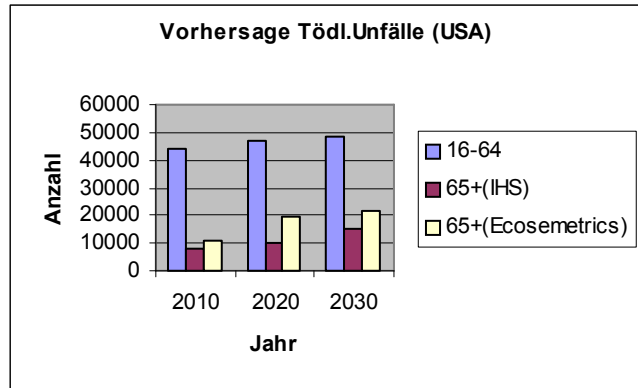
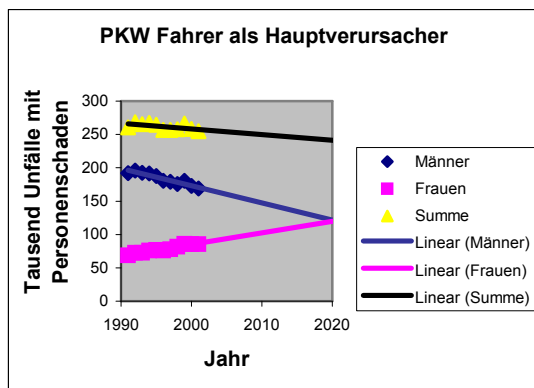


Bild 8 Zunahme Frauen/Abnahme Männer als Verursacher
Quelle: Staistisches Bundesamt [21]

Bild 9 Zunahme Älterer Fahrer [22]

6.3 Genauigkeit von Effizienzberechnungen

Effizienzberechnungen haben einen hohen Unsicherheitsfaktor, deshalb ist es wenig sinnvoll, Ergebniszahlen auf eine Kommastelle genau anzugeben. Gerade bei Effizienzberechnungen von Fahrerassistenzsystemen sind in jedem Glied der Berechnungskette relativ hohe Ungenauigkeiten. Die Unfalldaten sind durch ihre Definitionsvariationen und Dunkelziffern eine relativ grobe Ausgangsbasis. Eine weitere Unsicherheit besteht im Wissen zukünftiger Systemfunktionen und deren situativen Handlungsfähigkeiten.

7. Ausblick

Die Bewertung von Assistenzsystemen ist ein komplexer Vorgang. Viele methodischen Vorgehensweisen bringen in der Summe der Ergebnisse einen Schritt weiter, keine Methode kann für sich in Anspruch nehmen, die volle Wahrheit zu erzeugen. In dieser Richtung müssen auch Unfallstatistiken hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit kritisch überprüft werden. Wenn Aufnahmekriterien, Ziele und Qualifikation des Unfalldatenteams bekannt sind, hat man das Wissen, die Zahlen interpretieren zu können. Unterschiedliche Zahlen sind nicht falsch oder gar gefälscht, sondern bedürfen einer Interpretation und Einordnung in den Gesamtzusammenhang.

Der Aufwand, neue Untersuchungen zu starten, sollte erst nach gründlicher Literaturstudie gestartet werden. Das Unfallverhalten gestaltet sich sehr evolutionär, so dass man in Anbetracht der Ungenauigkeitskette auch nach 20 Jahren mit neuen Auswertungen oft zu sehr ähnlichen qualitativen Ergebnissen kommen kann. Aufwand sollte auf jeden Fall in die Abschätzung von Zukunftstendenzen eingebracht werden. Damit hat man die Sicherheit, dass heute angedachte Systeme auch in der Zukunft effizient sind.

Literaturverzeichnis

- [1] H.P. Piper, Staus und Unfälle auf Autobahnen, Internationales Verkehrswesen, 1994, Heft 7/8
- [2] Engels K; Dellen R.: Beitrag zur Ermittlung eines geschlechts-spezifischen Verkehrsunfallrisikos, Band XXXV der Schriftenreihe der Arbeits- und Forschungsgemeinschaft für Straßenverkehrssicherheit - Institut an der Universität zu Köln, Köln 1981
- [3] Brühning, E.; Völker, R.: Das Unfallrisiko im Straßenverkehr - Kenngrößen und ihre statistische Behandlung, Zeitschrift für Verkehrssicherheit 28 (1982), Nr. 3
- [4] Kocherscheidt, H., Zum Sicherheitsverhalten der Pkw-Fahrer, VDI Berichte Nr.1317, Düsseldorf 1997
- [5] H-P. Krüger, das Unfallrisiko unter Alkohol, Würzburg, 1995
- [6] H.Hautzinger, H.Dürholt, E.Hörnstein, B.Tassaux-Becker, Dunkelziffer bei Unfällen mit Personenschaden, BAST Heft M13, Bergisch Gladbach 1994
- [7] J.Grandel, W.Niewöhner, Accident Database for ACEA, Results of a Pilot Study, DEKRA Accident Research, Stuttgart 1994
- [8] PRO-GEN Safety Group, Summary Report: Estimation of the Potential Safety Effects of Different Possible PROMETHEUS-Functions, Stuttgart, 1990
- [9] Frost, U., Keller, H., Einschätzung einer Zuordnung von Prometheus-Maßnahmen und Unfalltypen, München, TU München 1988
- [10] M.Danner, K.Langwieder, Innere Sicherheit im Auto – Neue Untersuchungen der HUK-Unfallforschung, 4.ESV-Konferenz 1973, Versicherungswirtschaft 11/83
- [11] Langwieder, K., Der Problemkreis Bremsen in der Unfallforschung, VII. µ-Symposium, 10/1986, Bad Neuenahr
- [12] K.M. Aschenbrenner, B. Biehl, G.W. Wurm, Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bericht zum Forschungsprojekt 8323, Bergisch Gladbach, 1/1992
- [13] Brian O`Neill, Antilock brakes may not provide as much safety advantage as expected, Highway Loss Data Institute, News Release, Arlington, 1/1994
- [14] A.Kullgren, A.Lie, C.Tingvall, The effectiveness of ABS in real life accidents, Proceedings of the 14th ESV, München 1994
- [15] K.Langwieder, M.Danner, The possibilities and limitations of information on questions of active car safety-results of a large-scale study of single-car accidents, 14.FISITA-Kongress, Melbourne, 1982
- [16] Automotive Intelligence News, Mercedes-Personenwagen verunglücken seltener, 12/2002 (www.autointell.de)
- [17] K.-J. Höhnscheid, M. Straube, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2000, BAST-info, Bergisch Gladbach, 12/02
- [18] G. Heimerl, Standardisierte Bewertung von Verkehrsweegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs, Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart, Stuttgart 1993
- [19] G. Reichart, Menschliche Zuverlässigkeit beim Führen von Kraftfahrzeugen, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 22 Nr.7, Düsseldorf 2001
- [20] M. Zeller, Planerkennung im Straßenverkehr, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12 Nr.282, Düsseldorf 1996
- [21] Statistisches Bundesamt, Verkehr, Fachserie 8, Reihe 7 Verkehrsunfälle, Wiesbaden, 1991 bis 2002
- [22] Safe Mobility for a Maturing Society: Challenges and Opportunities, U.S. Department of Transportation, Washington, 11/2003