



# Aktive Gefahrenbremsungen

## Wie reagiert das Fahrer-Fahrzeug-System?

Ein Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr ist die Unterstützung des Fahrers durch Aktive Gefahrenbremsungen. Ein interdisziplinäres Wissenschaftlerteam bestehend aus Mitarbeitern des Fachgebiets Fahrzeugtechnik (FZD) und des Instituts für Arbeitswissenschaft (IAD) der TU Darmstadt arbeitete zur Beurteilung des Verhaltens von Fahrern im Auftrag von sechs Industriepartnern (Audi, Bosch, BMW, Continental, MAN und Opel) im Rahmen der Forschungsinitiative Aktiv (Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr) [1], die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wird.

## 1 Einleitung

Die Sicherheit im Straßenverkehr konnte in den letzten 35 Jahren erheblich verbessert werden. Zunächst war der Erfolg größtenteils auf passive Sicherheitsmaßnahmen, also auf Maßnahmen zur Reduktion der Unfallfolgen zurückzuführen. Diese Technik erreicht langsam die Grenzen ihres Sicherheitspotenzials. Somit konzentriert sich die Weiterentwicklung der Fahrzeugsicherheit auf Maßnahmen zur Unfallvermeidung und/oder Unfallablaufbeeinflussung. Mit der Einführung von elektronischen Stabilisierungssystemen und dem Bremsassistenten konnten schon bemerkenswerte Erfolge erzielt werden [2]. Die nächste Generation Sicherheitssysteme nutzt Umfeld erfassende Sensoren, um noch vor dem Unfall Maßnahmen zur Verhinderung der Kollision oder zur Reduktion der Aufprallenergie einzuleiten. Wie in mehreren Unfallanalysen [3] gezeigt wurde, unterbleibt in etwa der Hälfte der schweren Auffahrunfälle die Bremsung. Somit liegt es nahe, Systeme zu entwickeln, die aktiv die Bremsung einleiten, wenn eine hohe Unfallgefahr besteht. Diese Aktion ist oftmals eingebettet in eine Gesamtstrategie mit mehreren vorher ausgelösten Maßnahmen zur Warnung und zur Vorbereitung der Bremsanlage und des Bremsassistenten sowie einer parallel dazu erfolgenden Vorbereitung für verbesserten Insassenschutz. Die im Mittelpunkt dieser Untersuchung stehende Aktive Gefahrenbremsung (AGB) wird als Einzelmaßnahme bewertet, auch deshalb, weil nicht davon ausgegangen werden kann, dass in sehr kritischen Situationen eine rechtzeitige Warnung vorausgehen wird.

## 2 Untersuchungsziele

Obwohl die Vermutung plausibel erscheint, dass eine AGB eine verbesserte Sicherheitswirkung haben wird, wurde dies bisher nicht in Realfahrversuchen nachgewiesen. Weiterhin waren die Auswirkungen von nicht erwartungskonformen Systemeingriffen unbekannt. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Voruntersuchung wurden erstmals die Wirkungen zweier unterschiedlicher potenzieller Varianten der Aktiven Gefahrenbremsung mit Variation der Eingriffsstärken im Vergleich zur Situation ohne AGB-Unterstützung (Baseline) untersucht:

- Vollverzögerung (AGB Voll)
- Teilverzögerung (AGB Teil)
- Baseline (BL).

Die hier erarbeiteten Ergebnisse können einen wichtigen Beitrag für die Auslegung von Aktiven Gefahrenbremsungen darstellen.

Gegenüber vorausgehenden Fahrer-verhaltensstudien [4] wurden hier erstmals auch unberechtigte Systemeingriffe untersucht, also unvermittelte AGB-Auslösungen ohne Kollisionsgefahr. Im Fokus standen drei Varianten, deren Parameter in der **Tabelle** aufgeführt sind:

- AGB Voll in den Stand
- AGB Voll mit Lösen
- AGB Teil mit Lösen.

Die Systemaktionen bei berechtigtem Eingriff entsprachen den Fehlauflösungsvarianten mit Lösen.

Hierbei entspricht die Time-to-Collision (TTC) dem Quotienten aus Abstand ( $d$ ) und Relativgeschwindigkeit ( $v_{rel}$ ) zum Vorausfahrenden, Gl. (1):

$$TTC = \frac{d}{v_{rel}} \quad \text{Gl. (1)}$$

**Tabelle:** Untersuchte AGB- und Fehlauflösungsvarianten

	AGB Teil mit Lösen		AGB Voll mit Lösen		AGB Voll in den Stand	
	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
<b>Verzögerungssollvorgabe [m/s<sup>2</sup>]</b>	6	4	10	7	10	7
<b>Maximale Verzögerung [m/s<sup>2</sup>]</b>	7,0	3,9	9,8	8,0	9,9	8,1
<b>Mittlerer Verzögerungsaufbau [m/s<sup>3</sup>]</b>	12	31	12	56	10	58
<b>Mittlerer Verzögerungsabbau [m/s<sup>3</sup>]</b>	-42	-25	-48	-25	-	-
<b>Zeitdauer des Eingriffs [s]</b>			1,3			
<b>Time-to-Collision bei berechtigtem Eingriff [s]</b>			2,0			

## Die Autoren



**Dr.-Ing. Norbert Fecher** ist Oberingenieur bei FZD und leitete den fahrzeugtechnischen Teil sowie die Koordination der Studie.



**Dr.-Ing. Jens Hoffmann** entwickelte bei FZD das Darmstädter Verfahren mit EVITA.



**Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner** leitet das Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt (FZD).



**Dipl.-Ing. Klaus Fuchs** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAD und bearbeitete den fahrerbezogenen Teil der Studie.



**Dr.-Ing. Bettina Abendroth** ist Oberingenieurin am IAD und leitete den fahrerbezogenen Teil der Studie.



**Prof. Dr.-Ing. Ralph Bruder** leitet das Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt (IAD).

### ATZ Peer Review

Das Gütesiegel für wissenschaftliche Beiträge in der ATZ. Von Experten aus Forschung und Industrie begutachtet.

Eingegangen ..... 17. September 2008

Gepflicht ..... 2. Oktober 2008

Angenommen ..... 7. Oktober 2008

### 3 Methodik

Zur Untersuchung der AGB wurde das Darmstädter Verfahren „Experimental Vehicle for Unexpected Target Approach“ (Evita) eingesetzt [5, 6], das im Unterschied zu anderen Fahrversuchsuntersuchungen zu Antikollisionssystemen eine für Auffahrunfälle typische Ausgangssituation, nämlich ein unerwartetes Bremsmanöver nach vorheriger stationärer Folgefahrt als Benchmark verwendet. Das realisierte Konzept besteht aus der Kombination eines Zugfahrzeugs mit einem Anhänger und dem auffahrenden, zu untersuchenden Fahrzeug, **Bild 1**. Um die Probanden in die für Auffahrunfälle typische Situation zu versetzen, werden sie in den Versuchen zur Bestimmung der Wirksamkeit durch eine Nebenaufgabe abgelenkt. In dieser Zeit bremst der an einem Seil geführte Anhänger („Dummy Target“) für den im Versuchsfahrzeug sitzenden Probanden überraschend ab. Unabhängig davon, ob der Proband hierauf rechtzeitig reagiert oder nicht, wird der Anhänger durch Arretierung der im Zugfahrzeug befindlichen Seilwinde aus dem Kollisionsbereich gezogen.

Für die Bewertung der Wirksamkeit und des Störungsmaßes wird ein Beurteilungszeitraum von 2,0 s Dauer definiert, der mit dem AGB-Eingriff beginnt. Da durch Evita eine Kollision automatisch vermieden wird, ist der Verlauf bis zum gedachten Aufprall auf das ununterbrochen bremsende „Dummy Target“ fiktiv. Der Geschwindigkeitsverlauf des Probandenfahrzeuges wird nach dem Fahrereingriff ab Beginn der Antiblockiersystem (ABS)-Regelung durch eine Vollverzögerung extrapoliert, da davon auszugehen ist, dass der Fahrer bei



**Bild 1:** Das Darmstädter Test- und Bewertungsverfahren Evita [5]

einem weiterhin bremsenden „Dummy Target“ ebenfalls voll verzögert haben würde. Zur Berechnung der Größen wird die Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta v$  zwischen der Messung zu Beginn und der Extrapolation am Ende des Beurteilungszeitraums gebildet.

### 4 Versuchsdurchführung

#### 4.1 Probanden

Um Aussagen über den Einfluss des Fahreralters treffen zu können, wurden die Pkw-Versuche mit 60 Probanden (männlich und weiblich) aus zwei Altersklassen vorgenommen (25 bis 40, im Durchschnitt 30 Jahre und 50 und 65, im Durchschnitt 59 Jahre). Es wurden drei Versuchsreihen durchgeführt, in denen je 20 Probanden die Varianten AGB Voll, AGB Teil und Baseline als ersten Versuch erlebten. Mit dem Lkw wurden 30 Probandenversuche (19 bis 58, im Durchschnitt 37 Jahre, mehrheitlich Berufskraftfahrer) durchgeführt.

#### 4.2 Versuchsstrecke

Die Fahrversuche fanden auf dem universitätseigenen Testgelände August-Euler-Flugplatz statt. Die in **Bild 2** dargestellte Pylonengasse zwingt den Fahrer des AGB-Fahrzeuges dazu, Evita in gleicher Spur ohne nennenswerten lateralen Versatz zu folgen. Das Schaumstofffahrzeug rechts wurde als „Alibi-Ziel“ für eine Fehlauflösung aufgestellt.

#### 4.3 Fahrauftrag

Die Probanden sollten der vorausfahrenden Evita mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h im Abstand von 20 m bis 25 m folgen, **Bild 3** links. Als Nebenaufgabe waren einzelne Zeilen aus einer Wegbeschreibung abzulesen, **Bild 3** rechts.

### 5 Ergebnisse

#### 5.1 Wirksamkeit

**Bild 4** zeigt die Wirksamkeit im Pkw für die untersuchten AGB-Varianten im Vergleich zu BL. Beide AGB-Varianten weisen



**Bild 2:** Versuchsstrecke



**Bild 3:** Links: Hauptaufgabe, rechts: Nebenaufgabe

jeweils höchstsignifikant höhere Wirksamkeiten im Vergleich zu BL auf, zeigen untereinander aber nur geringe Unterschiede. Im BL-Versuch können die Fahrer nur durch Kontrollblicke nach vorne wahrnehmen, dass Kollisionsgefahr droht. Somit hängt die Erstwahrnehmung der Gefahr hauptsächlich von der Häufigkeit und den Zeitpunkten der Kontrollblicke ab. Im Anschluss müssen die Fahrer die Gefahr als solche wahrnehmen und die Entscheidung zur Reaktion treffen, den Fuß zum Bremspedal umsetzen und die Bremsung einleiten. Mit Unterstützung durch die AGB hingegen werden die Fahrer auf die drohende Kollision durch einen Bremseneingriff aufmerksam gemacht. Darüber hinaus müssen die Fahrer die Situation nicht erst verarbeiten und die Bremsung einleiten, da die Systeme dies automatisch übernehmen.

Ogleich anzunehmen wäre, dass die höhere Vollverzögerung zu einer höheren Wirksamkeit führen sollte, kann dies mit den in Bild 4 gezeigten Ergebnissen nicht belegt werden. Ursache hierfür ist, dass im Pkw-Versuchsträger der Verzögerungsaufbau beider Varianten mit nahezu gleichem Gradienten erfolgt und sich die AGB Voll frühestens etwa 800 ms nach Beginn durch höhere Verzögerung von AGB Teil trennt. Da die meisten Fahrer sehr früh die Aktiven Gefahrenbremsungen durch selbstständiges Bremsen übersteuern, kann eine so späte Vollverzögerung keinen nachweisbaren Wirksamkeitserfolg mehr erzielen. Dieser könnte aber zum Beispiel durch einen schnelleren Verzögerungsaufbau zu Beginn des Bremseneingriffs realisiert werden. So kann mit einem ideal schnellen Vollbremseneingriff rechnerisch eine Geschwindigkeitsreduktion von  $20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$  vorhergesagt werden.

In Bild 5 sind die Wirksamkeiten im Lkw-Versuch dargestellt. Im Gegensatz zum Pkw wird hier mindestens auf dem Niveau hochsignifikant eine Wirksamkeitsrangfolge gebildet: AGB Voll > AGB Teil > BL. Beide AGB-Varianten sind hinsichtlich der Wirksamkeit der Baseline weit überlegen. Allerdings wird im Lkw nun eine höhere Wirksamkeit für AGB Voll gefunden als für AGB Teil. In diesem Fahrzeug kommt ein sehr dynamisches elektropneumatisches Bremssystem mit Druckspeicher zum Einsatz, das der Variante Voll ermöglicht, bereits 300 ms nach Beginn eine höhere Verzögerung aufzu-

bauen als in der Teilverzögerungsvariante. Den Probanden gelingt frühestens nach 500 ms, durch eigene Bremsstätigkeit das System zu übersteuern, wodurch der Vorteil der Vollverzögerungsvariante zu erklären ist.

### 5.2 Fahrerbeurteilte Wirksamkeit

Neben der objektiven Wirksamkeit wurde die subjektive Wahrnehmung der AGB-Varianten durch die Fahrer in der Befragung im Anschluss an die Versuchsfahrten erfasst. Hierbei beurteilten sie die Wirksamkeit der unterschiedlichen Bremsungen, ohne dass ihnen die AGB-

Variante bekannt war. Die Probanden bewerteten die Wirksamkeit der eingesetzten aktiven Gefahrenbremsungen mehrheitlich als wirksam oder sehr wirksam, Bild 6. Hinsichtlich der Beurteilung der AGB-Varianten haben sich keine signifikanten Unterschiede der Bewertungen ergeben. Diese Ergebnisse verdeutlichen zum einen, dass die Höhe der Wirksamkeit der Voll- und der Teilverzögerung für die Probanden kaum zu unterscheiden ist. Zum anderen sind sie ein Indiz dafür, dass die AGB, unabhängig von den untersuchten Varianten, vom Fahrer als Unterstützung wahrgenommen wird.

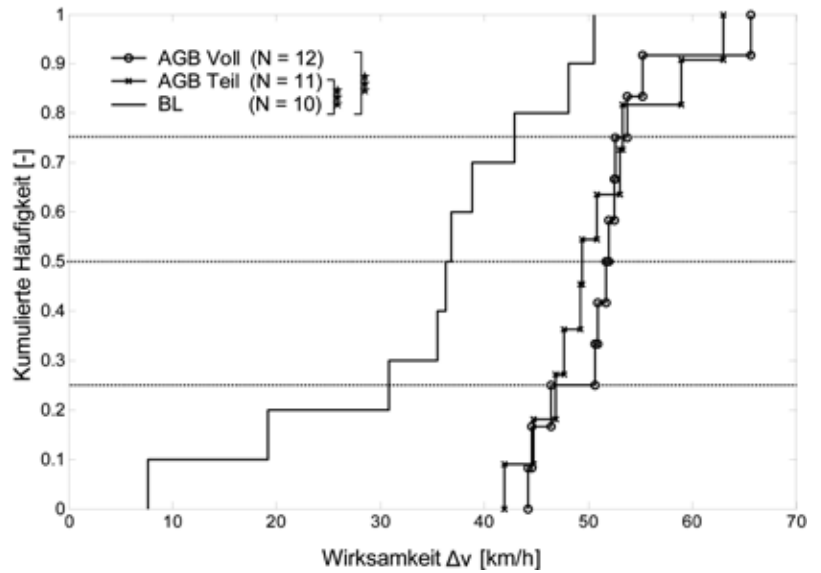


Bild 4: Kumulierte Häufigkeit der Wirksamkeit im ersten Versuch (Pkw)

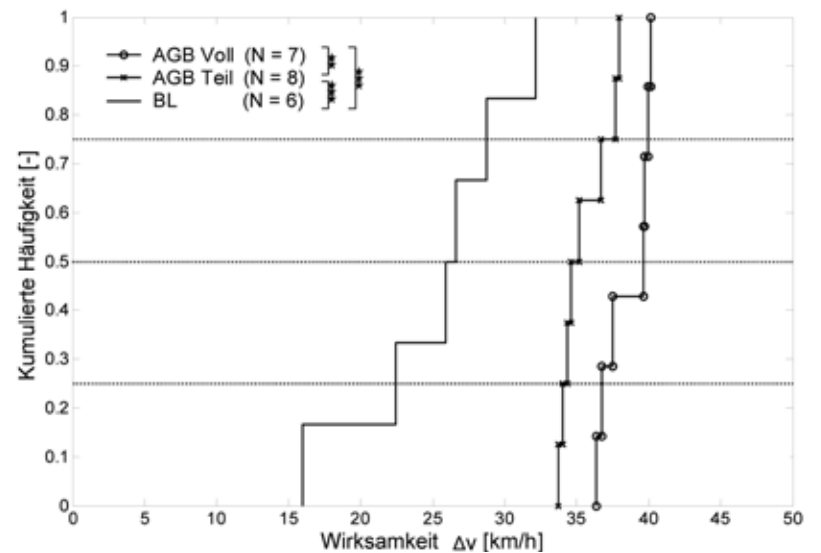
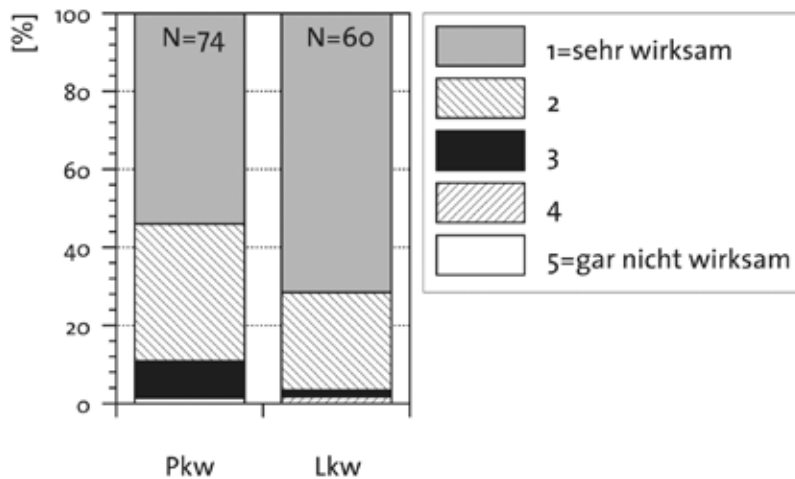


Bild 5: Kumulierte Häufigkeit der Wirksamkeit im ersten Versuch (Lkw)





**Bild 6:** Fahrerbeurteilte Wirksamkeit von AGB-Eingriffen (zwei Versuchsreihen, zwei Fahrten)

**5.3 Störungsmaß**

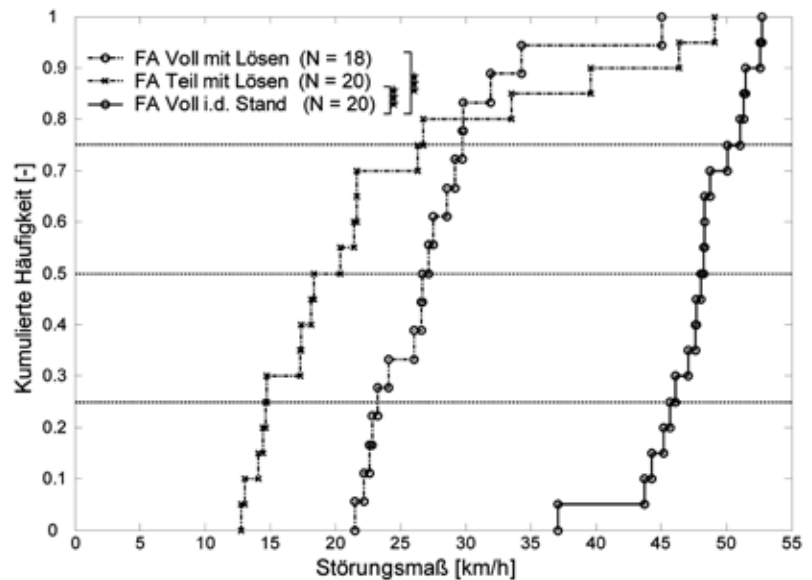
Das Störungsmaß  $\Delta v$  wird analog zur Wirksamkeit definiert. In **Bild 7** sind die Störungsmaße aus den Pkw-Versuchen aufgetragen. Die senkrechten Strichlinien geben für jede Fehlauflösungsvariante an, in denen die Probanden nicht gebremst haben. Dieser stellt damit den jeweils zu erwartenden Mittelwert der reinen Systemreaktion ohne Fahrereingriff dar. Die quadratischen Boxen um einzelne Messwerte zeigen einen Bremsingriff des Fahrers an, ohne dessen Höhe im Vergleich zur Systemaktion zu werten. Die Streuungen des Störungsmaßes ohne Fahrereingriff werden durch Variationen des Reibwertes während der Versuchskampagne und der Variation des Bremsdruckaufbaus verursacht. Letztere ist typisch für Pumpen des Elektronisches Stabilitätsprogramms (ESP) mit nur einem Hubkolben pro Bremskreis.

Es zeigt sich ein höchstsignifikanter Unterschied der Vollverzögerung in den Stand gegenüber den Varianten mit Lösen. Im Unterschied zum Versuch mit berechtigter Auslösung verstärken nur wenige Probanden die AGB durch eigene Bremsung. Die meisten Probanden erkennen die fehlerhafte Auslösung, wodurch das Störungsmaß eines Großteils der Verzögerungen mit Lösen nur bei etwa einem Viertel der Probanden zu einer Erhöhung führt. Eine Vollverzögerung in den Stand erhöht das Störungsmaß erheblich.

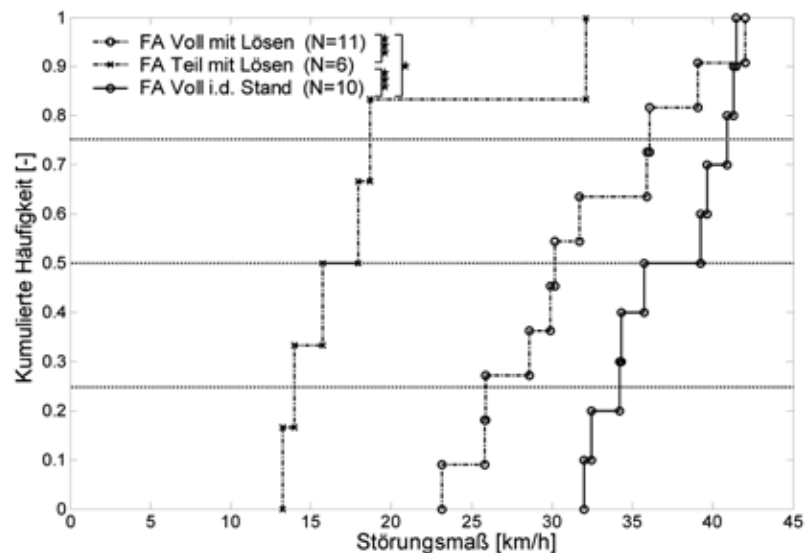
**Bild 8** zeigt die Störungsmaße aus dem Lkw-Versuch. Aufgrund der höheren Dynamik des Bremsingriffs ist der Unterschied

zwischen Voll- und Teilbremsung (beide mit Lösen) deutlicher, sodass eine klare Störungsmaßrangfolge gebildet werden kann: Fehlauflösung (FA) Voll in den Stand > FA Voll mit Lösen > FA Teil mit Lösen.

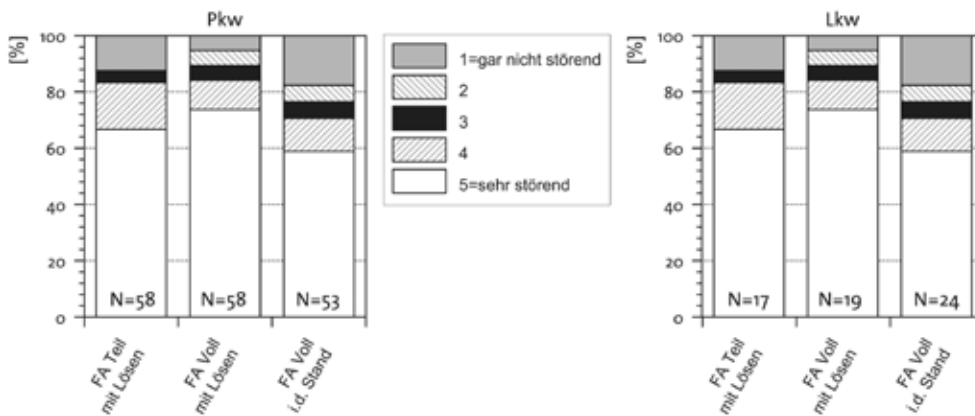
Die dargestellten Bremspedalbetätigungen zeigen im Lkw-Versuch eine Korrelation zwischen Häufigkeit der Bremsbetätigung und zunehmender Heftigkeit der Fehlauflösungsvariante. Während nur drei von sechs Fahrern bei der Teilverzögerungsfehlauflösung selbst bremsen, betätigen neun von zehn Fahrern die Bremse bei der Vollverzögerung in den Stand und immerhin acht von elf bremsen bei der Vollverzögerung mit lösen.



**Bild 7:** Kumulierte Häufigkeit des Störungsmaßes, 2,0 s nach der Fehlauflösung (Pkw)



**Bild 8:** Kumulierte Häufigkeit des Störungsmaßes, 2,0 s nach der Fehlauflösung (Lkw)



**Bild 9:** Subjektive Verzeihlichkeit von Fehlaktivierungen; links Pkw, rechts Lkw

### 5.4 Fahrerbeurteilte Verzeihlichkeit von Fehlaktivierungen

Alle Probanden haben jeweils zwei Fehlaktivierungen der AGB erlebt. Im Anschluss hieran beurteilten sie, wie sehr sie sich dadurch gestört fühlten, ohne zu wissen, welche Variante sie erlebt haben.

**Bild 9** zeigt, dass die Fahrer (Pkw und Lkw) diese mehrheitlich als störend und sehr störend empfanden. Die Fahrer haben bezüglich der Verzeihlichkeit nicht zwischen den Fehlaktivierungsvarianten differenziert.

### 5.5 Fahrerbeanspruchungen

Um Aussagen über das vom Fahrer subjektiv empfundene Gefährdungspotenzial treffen zu können, werden mit den Messgrößen Herzschlagfrequenz und Hautleitwert die körperlich messbaren Reaktionen auf die Emotionen des Fahrers bei den AGB-Eingriffen erfasst.

Es zeigt sich anhand der Indikatoren Herzschlagfrequenz und Hautleitwert, dass die emotionale Beanspruchung aller Fahrer in allen kritischen Situationen im Vergleich zum Ruhezustand signifikant erhöht war. Dabei gibt es keine Unterschiede zwischen den kritischen Bremssituationen, in denen der Fahrer durch die AGB unterstützt wurde, und den Bremssituationen, in denen er nicht durch die AGB unterstützt wurde.

Die Analyse der emotionalen Fahrerbeanspruchungen ergibt, dass die Fahrer durch Fehlaktivierungen genauso hoch beansprucht werden, wie in den kritischen Bremssituationen. Nur der Indikator Herzschlagfrequenz liegt bei den Fehlaktivierungen der Pkw-Fahrer signifikant niedriger als in den kritischen Bremssituationen.

Zur Ableitung von Aussagen über die visuelle Beanspruchung der Fahrer wird aus der Blickbewegungsanalyse, **Bild 10**, die Anzahl der Blickwechsel pro Sekunde zwischen festgelegten Objekten betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fahrer bei Fehlaktivierungen signifikant mehr Blickwechsel ausführen als bei berechtigten AGB-Eingriffen, beziehungsweise in kritischen Bremssituationen. Dabei lässt die Anzahl der Blickwechsel darauf schließen, dass die Pkw-Fahrer durch die Fehlaktivierungen weitaus stärker visuell beansprucht werden als die Lkw-Fahrer. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Fahrer durch Suchbewegungen der Augen versuchen, die Ursache für die eingeleitete AGB zu klären. Nachteilig wirkt sich aus, dass während der Zeit dieser Blickwechsel der Fahrer seinen Blick nicht konzentriert nach vorne richtet

und somit eventuell wichtige Informationen verpassen könnte.

## 6 Schlussfolgerungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte erstmals in einem realitätsnahen Probandenversuch die positive Wirkung der Aktiven Gefahrenbremsung nachgewiesen werden. Die Wirksamkeit, ausgedrückt als Geschwindigkeitsdifferenz während der Gefahrensituation, liegt auf deutlich höherem Niveau als in Situationen, in denen der Fahrer nicht über AGB-Unterstützung verfügt.

Es zeigte sich, dass eine stärkere Verzögerung durch das System auch zu höheren Störungsmaßen sowie allgemein auch zu höherer Wirksamkeit führt. Bei einem langsamen Verzögerungsaufbau,



**Bild 10:** Blickbewegungsvideo bei Lkw-Fahrt

wie er zum Beispiel durch die ESP-Pumpe im untersuchten Pkw-Versuchsträger erfolgt, darf aber trotzdem nicht von stärkerer Verzögerung zugleich auf höhere Wirksamkeit geschlossen werden. Nur ein schnellerer Verzögerungsaufbau kann hier einen Vorteil verschaffen, wobei aber das Störungsmaß dennoch gesteigert wird.

Bei den hier untersuchten Varianten zeigte sich stets die Korrelation zwischen hoher Wirkung und hohen Störungsmaßen im Fall fehlerhafter Auslösung. Allerdings konnten an einer Stelle Indizien zur Auflösung dieses Zielkonflikts gefunden werden: Ein mit hoher Dynamik aufgebauter Teilverzögerungseingriff ist, wie in den Lkw-Versuchen zu sehen war, immer noch geeignet, den Fahrer auf die drohende Kollisionsgefahr zügig aufmerksam zu machen und führt zu hohen Wirksamkeiten. Fehlauflösungen werden aber, wie anhand der Pedalhandlungen zu sehen ist, so früh als solche erkannt, dass diese von den Fahrern mehrheitlich erduldet werden, ohne die Bremse zu betätigen. Die Fahrer beurteilten diese Fehlauflösungen jedoch in allen Varianten mehrheitlich als störend oder sehr störend. Die Störungsmaße bleiben deutlich unterhalb denjenigen der Vollverzögerungen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße ist dieser Zusammenhang jedoch nicht signifikant.

Die Fahrer fühlen sich durch Fehlauflösungen immer gestört, wobei die Variante AGB Teil mit Lösen am seltensten als sehr störend beurteilt wurde, aber mit nur geringem Abstand zu den anderen Varianten. Die Probanden gaben mehrheitlich an, eine Möglichkeit haben zu wollen, um Fehlauflösungen überstimmen zu können. Allerdings gibt es bei der Frage, wie überstimmt werden soll, kein einheitliches Meinungsbild. Allein die Betätigung des Fahrpedals darf nicht als Überstimmungswunsch interpretiert werden, da fast alle Fahrer, die direkt vor Eingriffsbeginn das Fahrpedal betätigen, dieses nach Beginn des Eingriffs weiter durchtreten.

Die emotionale Beanspruchung ist in Gefahrensituationen mit AGB-Eingriff signifikant höher als vor der Fahrt, die untersuchte AGB-Variante hat aber keinen Einfluss. Jedoch zeigen die Ergebnisse auch, dass diese Erhöhung primär durch die Gefahrensituation ausgelöst

wird. Durch AGB-Eingriffe erfolgt keine weitere Erhöhung, wie der Vergleich zu der ausbleibenden AGB zeigt.

Mit dem Darmstädter Test- und Bewertungsverfahren Evita liegt eine Methode vor, die eine direkte Vergleichbarkeit sowohl der Maßnahmen zur Vermeidung und Folgenminderung von Frontalkollisionen sowie der damit verbundenen Störungen im Fehlerfall ermöglicht. Die Ergebnisse sind mit einheitlichen Auslöschwellen und nur mit den gezeigten Eingriffsformen ermittelt worden. Die bisherigen Ergebnisse lassen erste verallgemeinerbare Aussagen zu; die gemessenen Werte dürfen aber nicht auf Systemausführungen übertragen werden, die sich in der Stärke und/oder der Dynamik des Bremsingriffs von den hier untersuchten Beispielen unterscheiden. Auch die Wirkung einer frühen Warnung, wie sie die meisten Antikollisionssysteme einsetzen, ist hier nicht ermittelt worden.

#### Literaturhinweise

- [1] [www.aktiv-online.org](http://www.aktiv-online.org)
- [2] Busch, S.: Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Prognose des Sicherheitsgewinns ausgewählter Fahrerassistenzsysteme, Dissertation TU Dresden, VDI Fortschritt-Berichte Reihe 12, 2005
- [3] Kopischke, S.: Entwicklung einer Notbremsfunktion mit Rapid Prototyping Methoden, Dissertation, TU Braunschweig, 2000
- [4] Bender, E.: Handlungen und Subjektivurteile von Kraftfahrzeugführern bei automatischen Brems- und Lenkeingriffen eines Unterstützungssystems zur Kollisionsvermeidung, Dissertation, IAD - TU Darmstadt, 2007
- [5] Hoffmann, J.; Winner, H.: EVITA – The Testing Method for Collision Warning and Collision Avoiding Systems, F2008-12-019, FISTIA 2008, Munich, Germany
- [6] Winner, H.; Fecher, N.; Hoffmann, J.; Regh, F.: Bewertung von Frontalkollisionsgegenmaßnahmen – Status Quo, Integrated Safety, Hanau, Juli 2008

Download des Beitrags unter  
[www.ATZonline.de](http://www.ATZonline.de)

**ATZ**  
online

**ATZ**

Read the English e-magazine.

Order your test issue now:  
[SpringerAutomotive@abo-service.info](mailto:SpringerAutomotive@abo-service.info)

## In eigener Sache

Schon seit einiger Zeit sind die Veranstaltungshinweise recherchefreundlich auf den Internetseiten von **ATZonline** zu finden. Diese Angebot erfreut sich wachsenden Zuspruchs bei unseren Lesern. Daher werden wir ab dieser Ausgabe auf den Abdruck der Veranstaltungshinweise im Heft verzichten. Die Vorteile des Online-Angebots für Sie: themenspezifisch recherchierbar und immer aktuell.

Sie finden die Veranstaltungshinweise unter **www.ATZonline.de**, Button „Events“ auf der oberen Leiste der Homepage. Von dort werden Sie weitergeführt. Viel Spaß dabei!



## IMPRESSUM

# ATZ AUTOMOBILTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

www.ATZonline.de

OZ | 2009 - Februar 2009 - 111. Jahrgang  
**Springer Automotive Media | GVV Fachverlage GmbH**  
 Postfach 1546 · 65173 Wiesbaden · Abraham-Lincoln-Straße 46 · 65189 Wiesbaden

**Geschäftsführer** Dr. Ralf Birkelbach, Albrecht Schirmacher  
**Gesamtleitung Anzeigen** Thomas Werner  
**Gesamtleitung Produktion** Ingo Eichel  
**Gesamtleitung Vertrieb** Gabriel Göttlinger

### HERAUSGEBER

Dr.-Ing. E. h. Richard von Basshuysen  
 Wolfgang Siebenpfeiffer

### REDAKTION

**Chefredakteur**  
 Johannes Winterhagen (win)  
 Tel. +49 611 7878-342 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: johannes.winterhagen@springer.com

**Stellvertretender Chefredakteur**  
 Dipl.-Ing. Michael Reichenbach (rei)  
 Tel. +49 611 7878-341 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: michael.reichenbach@springer.com

**Chefin vom Dienst**  
 Kirsten Beckmann M. A. (kb)  
 Tel. +49 611 7878-343 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: kirsten.beckmann@springer.com

**Ressorts**  
**Elektrik, Elektronik**  
 Markus Schöttle (scho)  
 Tel. +49 611 7878-257 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: markus.schoettle@springer.com

**Fahrwerk**  
 Roland Schedel (rs)  
 Tel. +49 6128 85 37 58 · Fax +49 6128 85 37 59  
 E-Mail: ATZautotechnology@text-com.de

**Getriebe, Forschung**  
 Dipl.-Ing. Michael Reichenbach (rei)  
 Tel. +49 611 7878-341 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: michael.reichenbach@springer.com

**Karosserie, Sicherheit**  
 Dipl.-Ing. Ulrich Knorra (kno)  
 Tel. +49 611 7878-314 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: ulrich.knorra@springer.com

**Motor**  
 Dipl.-Ing. (FH) Richard Backhaus (rb)  
 Tel. +49 611 5045-982 · Fax +49 611 5045-983  
 E-Mail: richard.backhaus@rb-communications.de

**Nutzfahrzeugtechnik**  
 Ruben Danisch (rd)  
 Tel. +49 611 7878-393 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: ruben.danisch@springer.com

**Online**  
 Dipl.-Ing. (FH) Caterina Schröder (cs)  
 Tel. +49 611 7878-190 · Fax +49 611 7878-462  
 E-Mail: caterina.schroeder@springer.com

**Produktion, Werkstoffe**  
 Stefan Schlott (hlo)  
 Tel. +49 8191 70845 · Fax +49 8191 66002  
 E-Mail: Redaktion\_Schlott@gmx.net

**Service, Veranstaltungskalender**  
 Martina Schraad  
 Tel. +49 212 64 235 16  
 E-Mail: martina.schraad@springer.com

**Ständige Mitarbeiter**  
 Christian Bartsch (cb), Prof. Dr.-Ing. Peter Boy (bo),  
 Prof. Dr.-Ing. Stefan Breuer (sb), Jens Büchling (jb),  
 Jörg Christoffel (jc), Jürgen Grandel (gl),  
 Erich Hoepke (ho), Prof. Dr.-Ing. Fred Schäfer (fs),  
 Bettina Seehawer (bs)

**Redaktionsanschrift**  
 Postfach 15 46, 65173 Wiesbaden,  
 E-Mail: redaktion@ATZonline.de

### MARKETING | SONDERDRUCKE

**Produktmanagement Automedien**  
 Sabrina Brokopp  
 Tel. +49 611 7878-192 · Fax +49 611 7878-407  
 E-Mail: sabrina.brokopp@springer.com

**Sonderdrucke**  
 Martin Leopold  
 Tel. +49 2642 9075-96 · Fax +49 2642 9075-97  
 E-Mail: leopold@medien-kontor.de

### ABONNEMENTS

VVA-Zeitschriftenservice, Abt. D6 F6, ATZ  
 Postfach 77 77, 33310 Gütersloh  
 Renate Vies  
 Tel. +49 5241 80-1692 · Fax +49 5241 80-9620  
 E-Mail: SpringerAutomotive@abo-service.info

### ANZEIGEN | GVV MEDIA

**Key Account Management**  
 Elisabeth Maßfeller  
 Tel. +49 611 7878-399 · Fax +49 611 7878-140  
 E-Mail: elisabeth.massfeller@gvv-media.de

**Anzeigenverkaufsleitung**  
 Sabine Röck  
 Tel. +49 611 7878-269 · Fax +49 611 7878-140  
 E-Mail: sabine.roeck@gvv-media.de

**Anzeigenverkauf**  
 Heinrich X. Prinz Reuß  
 Tel. +49 611 7878-229 · Fax +49 611 7878-140  
 E-Mail: heinrich.reuss@gvv-media.de

**Anzeigendisposition**  
 Susanne Bretschneider  
 Tel. +49 611 7878-153 · Fax +49 611 7878-443  
 E-Mail: susanne.bretschneider@gvv-media.de

**Anzeigenpreise**  
 Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 52

### PRODUKTION | LAYOUT

Kerstin Gollarz  
 Tel. +49 611 7878-173 · Fax +49 611 7878-464  
 E-Mail: kerstin.gollarz@gvv-fachverlage.de

### DRUCK UND VERARBEITUNG

Kliemo, Eupen/Belgien. Gedruckt auf säurefreiem und chlorarm gebleichten Papier. Printed in Europe.

### BEZUGSBEDINGUNGEN

Die Zeitschrift erscheint 11 Mal jährlich (zuzüglich mind. 5 Sonderheften) zum Jahresabonnementspreis von 224 €. Studentenvorzugspreis bei Nachweis durch aktuelle Immatrikulationsbescheinigung 85 €. Vorzugspreis für VDI/ÖV/VKS-Mitglieder bei Nachweis durch aktuelle Mitgliedsbescheinigung 160 €. Vorzugspreis für studierende VDI/ÖV/VKS-Mitglieder durch aktuelle Immatrikulations- und Mitgliedsbescheinigung 49 €. Einzelbezugspreis 26 €. Alle Preise gelten zuzüglich Versandkosten (Jahresabonnement: Inland 23 €, Ausland 38 €, AirMail 116 €). Der Bezug des Abonnements kann jederzeit zur nächst erreichbaren Ausgabe schriftlich mit Nennung der Kundennummer abbestellt werden.

### HINWEISE FÜR AUTOREN

Alle Manuskripte sind direkt an die Redaktion zu richten. Durch das Einsenden von Fotografien und Zeichnungen stellt der Absender den Verlag von Ansprüchen Dritter frei. Grundsätzlich werden nur solche Arbeiten angenommen, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind. Die Manuskripte dürfen auch nicht gleichzeitig anderen Blättern zum Abdruck angeboten werden. Mit der Annahme des Manuskripts erwirbt der Verlag das Recht der honorarfreien Anfertigung von Sonderdrucken. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf CD-ROM und allen anderen elektronischen Datenträgern.

© Springer Automotive Media |  
 GVV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009

Springer Automotive Media  
 ist Teil der Fachverlagsgruppe  
 Springer Science+Business Media.



ISSN 0001-2785