

## Notbrems-Assistenzsysteme für Nutzkraftwagen Wissenspapier

Dr.-Ing. Erwin Petersen, September 2016

Kollisionen im Längsverkehr, bei denen ein Güterkraftfahrzeug infolge von Ablenkung, Unaufmerksamkeit, zu geringen Fahrabständen, nicht angepasster Geschwindigkeit oder aus anderen Gründen auf ein vorausfahrendes oder stehendes Fahrzeug vorwiegend am Stauende, im stockenden Verkehr o.a. auffährt, bilden einen hohen Anteil an den Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen [1]. Derartige Unfälle verursachen schwere Personen- sowie Sachschäden und umfangreiche volkswirtschaftliche Kosten auch durch die Blockade von Autobahnen etc.. Zunehmende Verkehrsdichte, unzureichende Infrastruktur, weiter steigende Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr und Mangel an Lkw-Fahrern lassen das Risiko für das Eintreten solcher Unfallsituationen ansteigen.



Quelle: dpa – Picture\_Alliance – 60124539

In den Europäischen Verordnungen 661/2009/EU [2] und 347/2012/EC [3] sowie der UNECE-Regelung 131 [4] definierte „Notbrems-Assistenzsysteme (Advanced Emergency Braking Systems) AEBS“ sollen dem Fahrer helfen, kritische Auffahrsituationen rechtzeitig zu erkennen, ihn bei konkreten Kollisionsrisiken eindringlich warnen und, sofern er angemessene Reaktionen wie eine Bremsung oder ein rechtzeitiges Ausweichmanöver unterlässt, schließlich eine autonome Notbremsung einleiten, um die Kollision zu verhindern oder mindestens die Kollisionsenergie zu mindern.

Dem bei der Erstellung der Durchführungsverordnung 347/2012/EC vorliegenden Stand der Technik von 2006 bis 2008 und weltweiten Interessenvertretern Rechnung tragend sind die Anforderungen an solche Notbremssysteme teilweise sehr gering. Das betrifft vor allem die Reaktion auf kollisionsrelevante stehende Fahrzeuge und die Übersteuer- sowie Abschaltbarkeit der Systeme durch den Fahrzeugführer.

---

*Dieses „Wissenspapier“ soll Fakten und Hintergrundwissen bereitstellen zu Positionspapieren der Verkehrswacht [24] sowie zu einem einschlägigen Vorstandsbeschluss des Deutschen Verkehrssicherheitsrates DVR [25]. Es wurde verfasst von Dr.-Ing. Erwin Petersen, Vorstandsmitglied der Landesverkehrswacht Niedersachsen, basierend auf Fachliteratur und Hintergrund- und Expertenwissen aus einschlägiger Tätigkeit bei einem Systemlieferanten für die Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie sowie Diskussionen im DVR-Vorstandsausschuss Fahrzeugtechnik.*

*Die in der Anlage beschriebene Analyse von schweren Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen und deren Relevanz und Vermeidbarkeit durch aktuelle Notbrems-Assistenzsysteme wurde mit einer von Frau POR Nicola Simon geleiteten Arbeitsgruppe des Landespolizeipräsidiums im Niedersächsischen Innenministerium erstellt. Sie bildet die Basis für eine Veröffentlichung in der ZVS 11/2016 [26].*

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Technologische Plattformen und Grundprinzipien</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Abstandsregeltempomaten und Kollisionswarner</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Frühe Aktive Notbremsassistenten von 2006 bis 2009</b>	<b>5</b>
<b>2. EU-Verordnung 661/2009/EG und AEBS-Durchführungsverordnung 347/2012/EC</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Betroffene Fahrzeugarten und Termine für den obligatorischen AEBS-Einsatz</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Anforderungen an AEBS nach 347/2012/EC</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Kollisionswarnkaskade und Verzögerungen</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Autonome Notbremsung vor einem bewegten Vorfahrzeug („bewegtes Ziel“)</b>	<b>7</b>
<b>2.5 Autonome Notbremsung vor einem stationären Vorfahrzeug („stehendes Ziel“)</b>	<b>9</b>
<b>3. Wiener Übereinkommen und DVR-Vorstandsbeschluss von 2010</b>	<b>9</b>
<b>4. Leistungsvermögen, Abschalt- und Übersteuerbarkeit aktuell verfügbarer AEBS im Vergleich zu den Anforderungen nach 347/2012/EC</b>	<b>10</b>
<b>5. Felderfahrten und Ergebnisse aus einschlägigen Unfallanalysen</b>	<b>12</b>
<b>6. Folgerungen und Verbesserungspotenziale</b>	<b>13</b>
<b>Anhang:</b>	<b>17</b>
<b>Lkw-Unfälle auf Niedersächsischen Autobahnen in 2015 und Relevanz sowie unterschiedliches Unfallvermeidungspotenzial aktueller AEBS für Lkw &gt;7,5 t</b>	
- <b>Kat.1&amp;2-Unfälle auf Niedersächs. Autobahnen und deren AEBS-Relevanz</b>	
- <b>Auffahrunfälle verursacht durch Güter-Kfz mit AEBS-Ausstattung</b>	
- <b>Unfallvermeidungs- und –Minderungspotenzial aktueller AEBS für Lkw</b>	
- <b>Vertiefende Analyse einiger AEBS-relevanter Unfälle durch GIDAS</b>	
- <b>Hochrechnung des Unfallvermeidungspotenzial auf aktuelle und zukünftige Ausstattungsszenarien in Deutschland</b>	

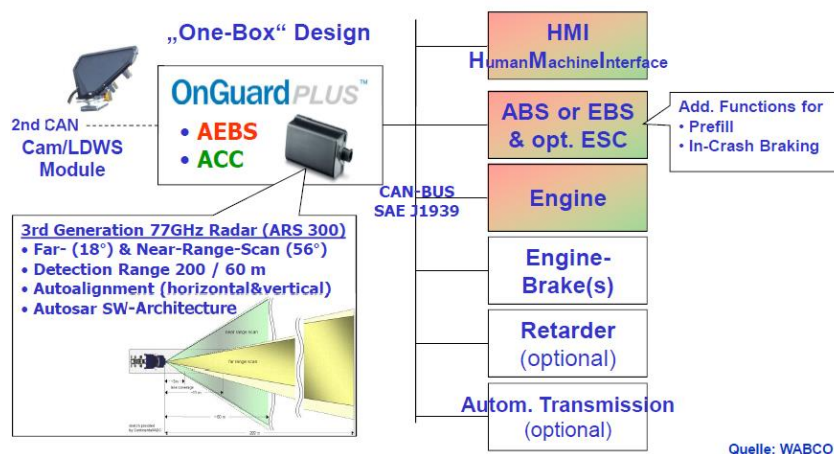
# 1. Technologische Plattformen und Grundprinzipien

## 1.1 Abstandsregeltempomaten und Kollisionswarner

Aktuelle Notbremssysteme für Nkw gehören zu den modernen Fahrerassistenzsystemen. Sie sind Weiterentwicklungen von Abstandsregeltempomaten und Abstandswarnern und häufig mit diesen in gemeinsamen Plattformen dargestellt, unterscheiden sich aber in ihrer Reaktion auf vorausfahrende Fahrzeuge deutlich [5].

„Abstandsregeltempomaten“ („Adaptive Cruise Control ACC“) werden seit 2002 zunehmend als Sonderausstattung in Europäischen Omnibussen und schweren Lkws sowie weltweit eingesetzt. Solche Systeme überwachen das Vorfeld des Fahrzeugs auf vorausfahrende Fahrzeuge und schließen bei der (Radar-) Bildauswertung stationäre Objekte wie Brücken, Verkehrsschilder und gemäß ISO 15622 i.d.R. auch stationäre Fahrzeuge aus, um fehlerhafte Eingriffe zu minimieren.

Ist die Tempomat-Funktion in üblicher Weise vom Fahrzeugführer aktiviert, wird bei Annäherung an ein relevantes bewegtes Ziel in der eigenen Fahrspur dies frühzeitig zunächst im Display angezeigt und dann über die Datenbuskommunikation die Motorleistung und Fahrgeschwindigkeit komfortabel gedrosselt. Bei Bedarf wird das Fahrzeug zusätzlich durch automatische Aktivierung der Motorbremse und des optionalen Retarders verzögert. Bei schnellem Anpassungsbedarf wird auch die in modernen Nutzfahrzeugen elektronisch gesteuerte Betriebsbremse bis zu einer Gesamtverzögerung von ca. 2,5 m/s<sup>2</sup> angefordert, **Bild 1**. Kann die Abstandsregelung trotz Reduzierung der Motorleistung und der Teilbremsung keinen ausreichenden Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug halten, fordert eine optisch/akustische Signalkombination den Fahrer auf, die Bremse selbst stärker zu betätigen oder in anderer Weise – z.B. durch Spurwechsel – die kritische Situation zu „meistern“.



**Bild 1:** Details und Systemverbund eines Abstandsregel- und Notbremssystems [5]

Mit Aktivierung des Abstandsregeltempomaten ist der stationäre Regelabstand als Zeitwert voreingestellt auf einen Minimalwert und einen von der eigenen Geschwindigkeit abhängigen Anteil, z.B. „1,5s“ ( $A = A_0 + V/3,6 \times 1,5$ ). Dieser kann i.d.R. vom Fahrer reduziert oder erweitert werden. Das gilt entsprechend mit höheren Werten für die optische Anzeige. Die Abstände bei Regelbeginn und optisch/akustischer Kollisionswarnung können zusätzliche von der Differenzgeschwindigkeit abhängige Anteile enthalten.



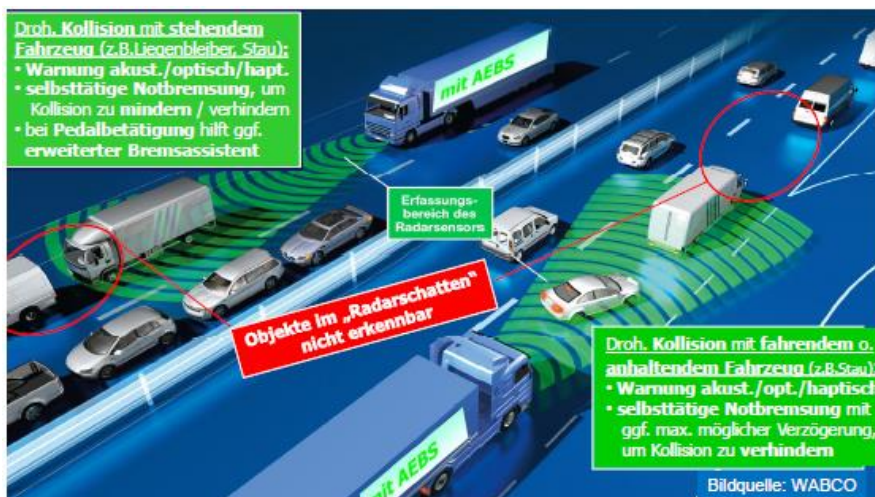
Der Fahrzeugführer hat jederzeit die Möglichkeit, die Abstandsregelung – wie den „normalen“ Tempomaten – mit dem Fahrpedal zu übertreten und per Bremspedal oder manuell zu deaktivieren. Lassen Verkehrsregeln und -situation dies zu, mag er bereits nach der frühzeitigen optischen Information „komfortabel“ ein Überholmanöver einleiten, um eine Geschwindigkeitsreduzierung oder gar eine Auffahrkollision zu vermeiden [6].

Abstandsregeltempomaten sind häufig ergänzt um eine Kollisionswarnung („Forward Collision Warning FCW“) [5]. Diese warnt den Fahrer auch bei nicht aktiviertem System, wenn ein konkretes Kollisionsrisiko beispielsweise zu einem plötzlich stark bremsenden oder einscherenden Fahrzeug entsteht. Einige FCW-Systeme bieten dem Fahrer darüber hinaus eine frühe, vom Fahrer ggf. verstellbare optische Abstandswarnung („Distance Warning CW“). Diese reagiert ggf. auch auf stehende Vorausfahrzeuge [7].

## 1.2 Frühe Aktive Notbremsassistenten von 2006 bis 2009

Erfahrungen mit frühen Abstandsregeltempomaten und Abstandswarnern führten zu dem Ziel, Kollisionen nicht nur in der Unfallschwere zu mindern („Mitigation“), sondern diese durch eine zuverlässige Kollisionswarnung und ggf. autonome Vollbremsung vollständig zu vermeiden („Avoidance“, „Prevention“). Den in dieser Hinsicht ersten Schritt machte Daimler mit der Einführung des „Active Brake Assist ABA“ für den Schwer-Lkw ACTROS in 2006 [8]. Dieser wurde kombiniert mit dem Abstandsregeltempomaten, erkennt und warnt bei Kollisionsgefahr mit fahrenden oder anhaltenden Vorausfahrzeugen und bremst bei nicht rechtzeitiger und ausreichender Fahrerreaktion so wirkungsvoll, dass - bei griffiger Fahrbahn - Kollisionen vollständig vermieden werden können. Diese erste Generation ABA ordnet jedoch zum Zeitpunkt der Erkennung stehende Vorausfahrzeuge als „nicht relevantes“ Ziel ein und reagiert darauf weder mit einer Warnung noch einer Notbremsung.

Eine weiter entwickelte zweite Generation „ABA2“ [9] sowie entsprechende - ab 2010 eingeführte - Notbremssysteme anderer Hersteller [5,10] erkennen auch kollisionsrelevante stehende (stationäre) Vorausfahrzeuge z.B. am Stauende sowie „Liegenbleiber“, Baustellensicherungsfahrzeuge etc. und reagieren darauf mit einer Kollisionswarnung und – bei ausbleibender Fahrerreaktion – Teilbremsung, **Bild 2**.



**Bild 2:** Beispielhafte Reaktionen von Notbremssystemen auf bewegte oder stehende Ziele[5]

## **2. EU-Verordnung 661/2009/EG und Durchführungsverordnung 347/2012/EC für AEBS**

Um das Potenzial von ausgewählten Fahrerassistenzsystemen zur Reduzierung von Straßenverkehrsunfällen zu heben und eine breite Marktdurchdringung zu erreichen, wurde im Juli 2009 mit der neuen Rahmenrichtlinie 661/2009/EG die europaweite Anwendung elektronischer Stabilitätsregel-, Notbrems-Assistenz- und Spurhalte-warnsysteme, kurz EVSC, AEBS, LDWS, für die Anwendung in neuen Nutzfahrzeu-gen verordnet [2]. Die Verordnung 661/2009/EG legte grundlegende Definitionen, Fahrzeugklassen und Termine verbindlich fest und forderte die EU-Kommission auf, zugehörige technische Anforderungen für die Typprüfungen sowie Ausnahmerege-lungen zu definieren. Hiermit wurde zunächst eine UNECE-Arbeitsgruppe beauftragt.

Der Marktsituation und dem technischen Stand von 2008 entsprechend bestanden in dieser international besetzten Arbeitsgruppe sehr konträre Ansichten und Interessen [5,11,12]. Dementsprechend bilden die im April 2012 veröffentlichte Durchführungs-verordnung 347/2012/EC für AEBS [3] und die im Juli 2013 veröffentlichte weitge-hend gleichlautende UNECE-Richtlinie 131 [4] mit ihrer „Revision“ von 2014 Kom-promissanforderungen auf teilweise niedrigem Niveau.

### **2.1 Betroffene Fahrzeugarten und Termine für den obligatorischen AEBS-Einsatz**

Nach der Verordnung 661/2009/EG und der Durchführungsverordnung 347/2012/EC müssen – von bestimmten Ausnahmen [3] abgesehen – Europaweit praktisch alle seit dem 1. November 2015 neu in Betrieb genommenen druckluftgebremsten Nutzkraftwagen mit entsprechenden Notbremssystemen ausgestattet sein. Bei der Typprüfung entsprechender neuer Fahrzeugtypen sind die Anforderungen nach 347/2012/EC bereits seit 1. Nov. 2013 zu erfüllen. Abweichend von der EU-Richtlinie 661/2009/EG und den darin vorgegebenen Terminen sind „wegen Nichtverfügbarkeit technischer Lösungen“ zunächst Lkw mit stahlgefederter(n) Hinterachse(n) sowie alle leichten Omnibusse und Lkw mit zGG < 8 t und hydraulischer Bremsanlage von der AEBS-Verpflichtung ausgenommen und erst in eine Genehmigungsstufe 2 für 2016/2018 eingebunden. Zulassungskriterien für solche Nkw sind zwischenzeitlich in der „Revision 1“ der UN/ECE-Richtlinie 131 von Febr. 2014 [4] und einem kürzlichen Update von 347/2012/EC konsolidiert worden.

### **2.2 Anforderungen an AEBS nach 347/2012/EC**

Auf allgemeine Anforderungen an AEBS „als komplexes elektronisches Fahrzeugsystem“ und unstrittige Details wird hier nicht eingegangen. Diese sind u.a. in [3,5] beschrieben.

Anders als ART/ACC muss die AEBS-Funktion ab Fahrtantritt und nach jedem „Zündung ein“ im gesamten Geschwindigkeitsbereich oberhalb 15 km/h automatisch aktiv sein. Sensorik und Algorithmen sind so auszulegen, dass unnötige Warnungen und Notbremsungen auf vermeintliche, aber nicht relevante Hindernisse vermieden oder minimiert werden. Dies ist mit einem eher nur beispielhaften „Robustheitstest“ nachzuweisen [3,4].

Um in bestimmten Betriebsbedingungen dennoch auftretenden Fehlauflösungen auf nach Fahreransicht nicht relevante Hindernisse entgegenwirken zu können und Fahrzeugführern im Sinne des Wiener Übereinkommens, s. 3, die Hoheit über das Fahrzeug zu erhalten, darf dieser die Warnphase und muss er die AEBS-Teil- und -Notbremsungen mit vom Hersteller festgelegten „positiven“ [3] bzw. „bewussten“ [4] Aktionen übersteuern können.

Darüber hinaus erlaubt die aktuell gültige Verordnung 347/2012/EC dem Hersteller, eine Vorrichtung (z.B. Taster) vorzusehen, mittels der Fahrzeugführer die AEBS-Funktionalität – ggf. bleibend über die gesamte Lenkzeit bis zum nächsten Fahrzeugstart – abschalten können.

Während einer solchen Deaktivierung sowie bei einem Systemfehler muss der Fahrzeugführer durch eine permanent leuchtende gelbe Warnleuchte gewarnt werden.

### **2.3 Kollisionswarnkaskade und Verzögerungen**

Droht eine Kollision mit einem in der gleichen Spur bewegten oder stehenden Voraus-Fahrzeug - von der Größe eines normalen Pkw oder mehr - muss AEBS dies erkennen und vor einer etwaigen Notbremsung zunächst mit akustischen oder haptischen und dann eskalierend mit optischen, akustischen und/oder haptischen Mitteln den Fahrer warnen. Auf Motorräder oder andere „kleine“ Objekte muss nach aktuellem Stand nicht reagiert werden.

Unter den Typprüfbedingungen [3,4], **Tabelle 1**, soll in Nkw > 8 t zGG die erste z.B. optische und akustische Kollisionswarnung mindestens 1,4 s und eine intensiviert, ggf. mit einem Bremsruck oder einer Teilbremsung versehene Warnung spätestens 0,8s vor Beginn der Notbremsphase (Time to Braking TTB  $\geq 1,4$  s bzw.  $\geq 0,8$  s) erfolgen, **Bild 3**.

Erst dann, aber sofort nach dieser Warnphasenkaskade und nicht früher als 3 s vor einer sonst eintretenden Kollision (Time to Collision TTC  $\leq 3$  s) soll eine autonome Notbremsphase mit einer Bremswirkung von mindestens 4 m/s<sup>2</sup> und einer „signifikanten Geschwindigkeitsreduzierung“ folgen, sofern der Fahrer weiterhin nicht reagiert.

Aus den für das Auslösen der Warn- und Bremsphasen angegebenen Zeitangaben „Time to Braking“ und „Time to Collision“ errechnet sich der jeweilige Fahrzeugabstand prinzipiell als Produkt der Zeitangabe TTB bzw. TTC und der momentanen Relativ-Geschwindigkeit von AEBS- und Zielfahrzeug, z.B. (65-12) km/h. Die tatsächliche Dauer einer Warn- oder Notbremsphase ist in dem Maße länger, wie die (Relativ-)Geschwindigkeit in dieser Phase abnimmt. So wird durch eine Geschwindigkeitsabnahme während der Warnphase (bis zu 15 km/h) bzw. der Notbremsphase und durch die Bewegung des Vorausfahrzeugs „Zeit und Weg gewonnen“ für eine Fahrerreaktion.

### **2.4 Autonome Notbremsung vor einem bewegten Vorausfahrzeug („bewegtes Ziel“)**

Handelt es sich um ein zum Erkennungszeitpunkt bewegtes Vorausfahrzeug, muss die Notbremsung so rechtzeitig und wirksam durchgeführt werden, dass bei griffiger Fahrbahn eine Kollision vermieden wird. Bei dem entsprechenden Nachweistest hat das Fahrzeug (ab 8 t zGG) eine Ausgangsgeschwindigkeit von 80 km/h und das Vo

A	B	C	D	E	F	G	H	
Initial Test vehicle speed <b>80 ± 2 km/h</b>	Stationary target			Moving target				
	Warning modes & timing		Emergency Braking & Total Speed reduction of subject vehicle	Warning modes & timing		Emergency Braking & Total Speed reduction of subject vehicle	Target vehicle speed	
	At least <b>1 haptic or acoustic</b>	At least <b>2 of optical, haptic, acoustic</b>		At least <b>1 haptic or acoustic</b>	At least <b>2 of optical, haptic, acoustic</b>			
M <sub>3</sub> <sup>1</sup> , N <sub>3</sub> and N <sub>2</sub> > 8 t	Not later than <b>1.4 s</b> before the start of emergency braking phase	Not later than <b>0.8 s</b> before the start of emergency braking phase	Not earlier than 3,0 s Time to Collision	Not later than <b>1.4 s</b> before the start of emergency braking phase	Not later than <b>0.8 s</b> before the start of emergency braking phase	Not earlier than 3,0 s Time to Collision	<b>12 ± 2 km/h</b>	1
	Acceptable speed reduction during warning: <b>≤ 15 km/h or 30%</b> of total reduction		Not less than <b>20 km/h</b>	Acceptable speed reduction during warning: <b>≤ 15 km/h or 30%</b> of total reduction		Subject vehicle shall not impact with moving target		
N <sub>2</sub> ≤ 8 t <sup>2 4</sup> and M <sub>2</sub> <sup>2 4</sup>	Not later than 0,8 s before the start of emergency braking phase	Before the start of the emergency braking phase <sup>3</sup>	Not less than <b>10 km/h</b>	Not later than 0,8 s before the start of emergency braking phase	Before the start of the emergency braking phase <sup>3</sup>	Subject vehicle shall not impact with moving target	<b>67 ± 2 km/h</b> <sup>5</sup>	2
<sup>1</sup> Vehicles of category M <sub>3</sub> with hydraulic braking system are subject to the requirements of row 2 <sup>2</sup> Vehicles with pneumatic braking systems are subject to the requirements of row 1 <sup>3</sup> Values shall be specified by the vehicle manufacturer at the time of type-approval (see Annex I, Part 2, Addendum, point 4.4). <sup>4</sup> Manufacturers of vehicle categories covered by row 2 may elect to gain vehicle type-approval in accordance with the values specified in row 1; in this instance compliance with all the values specified in row 1 shall be demonstrated <sup>5</sup> The values for the target speed in cell H2 shall be reviewed before 1 November 2021.								

**Tabelle 1:** Zulassungskriterien für AEBS nach EU-Durchführungsverordnung 347/2012/EC, gültig ab Nov. 2016/2018 (Stufe 2) für Fahrzeuge mit pneumatischem Bremssystem nach Reihe 1 bzw. mit hydraulischem Bremssystem nach Reihe 2

Anm.: In Tabelle 1 werden die Anforderungen aus dem englischen Originaltext wieder gegeben. Die (offizielle) deutsche Fassung enthält mehrere Übersetzungsfehler.

rausfahrzeug eine konstante Geschwindigkeit von 32 km/h. Dieser Geschwindigkeitswert wird mit der zweiten Genehmigungsstufe ab Nov. 2016/2018 auf 12 km/h abgesenkt [3], Tabelle 1.

Für hydraulisch gebremste Nkw < 8 t wurden in der UN/ECE R 131, Revision 1 [4] nicht nur eine kürzere Warnphase von nur 0,8 s, sondern auch für die Kollisionsfreiheit bei bewegten Vorausfahrzeugen eine Geschwindigkeit von 67 km/h, also eine nur sehr geringe Differenzgeschwindigkeit spezifiziert. Letztere soll vor 2021 überprüft werden [4], Tabelle 1. Diese Anforderungen sind inzwischen in ein Update der 347/2012/ EC übernommen worden [3].



## **2.5 Autonome Notbremsung vor einem stehenden Vorausfahrzeug („stehendes Ziel“)**

Befindet sich in der Fahrspur des AEBS-Fahrzeugs ein stehendes bzw. stationäres Fahrzeug, muss AEBS sofort nach einer prinzipiell gleichen Warnkaskade eine - wenigstens kurzzeitige – „Notbremsphase“ mit  $\geq 4\text{m/s}^2$  auslösen. Dabei muss eine Geschwindigkeitsreduzierung unter Berücksichtigung der Verzögerung während der Warnkaskade um insgesamt mindestens 10 km/h – also von 80 km/h auf unter 70 km/h – erwirkt werden, bevor es ggf. zur Kollision kommt. Bei „stehenden Objekten“, z.B. „Liegenbleiber“, Baustellensicherungsfahrzeug oder stehendes Stauende, wird also keine Unfallvermeidung, sondern lediglich eine Minderung der Kollisionsenergie um geringe 25% verlangt.

Mit zweiter Stufe ab 2016/2018 wird für Nkw ab 8 t zGG eine Geschwindigkeitsreduzierung von 80 auf unter 60km/h gefordert. Diese entspricht einer Energieminderung um 45%. Für hydraulisch gebremste Nkw < 8 t wird weiterhin eine Geschwindigkeitsabnahme um lediglich 10 km/h verlangt, Tabelle 1 [3,4].

## **3. Wiener Übereinkommen und entsprechender DVR-Vorstandsbeschluss von 2010**

Wesentlichen Einfluss auf die Anforderungen einer Fahrerwarnung vor autonomen aktiven Bremsengriffen und deren Übersteuerbarkeit durch den Fahrer hatte die Diskussion um die im „Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr, WÜ“ [13] aus 1968 formulierten Grundsätze zu der Verantwortung des Fahrzeugführers. Nach Artikel 8, Abs. 1 und 5 bzw. Art. 13, Abs. 1 muss

- „jedes Fahrzeug und miteinander verbundene Fahrzeuge .. einen Führer haben“,
- „jeder Führer dauernd sein Fahrzeug beherrschen oder seine Tiere führen können“,
- „jeder Fahrzeugführer unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen, um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen“.

Nach einer BASt-Bewertung dieser Regelungen von 2008 [14] sind informative und aktiv eingreifende, jedoch vom Fahrer übersteuerbare Fahrerassistenzsysteme hiervon nicht berührt. Das gilt z.B. uneingeschränkt für EVSC/ESC, das über den Lenkwinkel dem Fahrerwillen folgt. Fahrerunabhängige autonome Notbremsengriffe zur Vermeidung von Kollisionen dagegen dürfen erst zu einer Zeit erfolgen, zu der ein Ausweichen für den Fahrer objektiv unmöglich ist.

In einem Beschluss des DVR-Vorstands vom 25.06.2010 „Zur Korrelation zwischen dem Wiener Übereinkommen und ECE-Regelungen“ [15] spricht sich der DVR u.a. dafür aus, folgenden Satz in Art. 13 des WÜ aufzunehmen:

„Die Fahrerassistenzsysteme, die auf die Fahrzeugführung wirken, insbesondere um die Lage des Fahrzeugs auf der Fahrbahn oder zu Hindernissen oder zu anderen Verkehrsteilnehmern zu verbessern, stehen in den Absätzen 1 und 5 dieses Artikels sowie den in Artikel 8 Absatz 5 definierten Grundsätzen nicht entgegen, sofern eines oder mehrere der nachfolgenden Kriterien erfüllt sind:

- Sie können im Bedarfsfall übersteuert und/oder abgeschaltet werden.
- Sie beschränken sich darauf, Funktionen technisch zu optimieren, deren Umsetzung allein über den Fahrer erfolgt.
- Sie kommen im Notfall zum Einsatz, wenn der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verloren hat oder im Begriff ist, diese Kontrolle zu verlieren.“

Auf Initiative des BMVI wurde seit Anfang 2014 in UN/ECE-Gremien über eine entsprechende Aktualisierung des Wiener Übereinkommens diskutiert. Um das WÜ für Notwendigkeiten aktiver Assistenzsysteme und eines zukünftigen teilautomatisierten Fahrens zu öffnen, wurde Art. 8 – inzwischen wirksam - dahingehend ergänzt, dass die obigen Forderungen als erfüllt gelten, wenn die Systeme vorhandenen ECE-Richtlinien entsprechen oder die autonomen Funktionen solcher Systeme durch den Fahrer übersteuerbar oder abschaltbar sind<sup>1</sup>.

#### 4. Leistungsvermögen, Abschalt- und Übersteuerbarkeit aktuell verfügbarer AEBS im Vergleich zu den Anforderungen nach 347/2012/EC

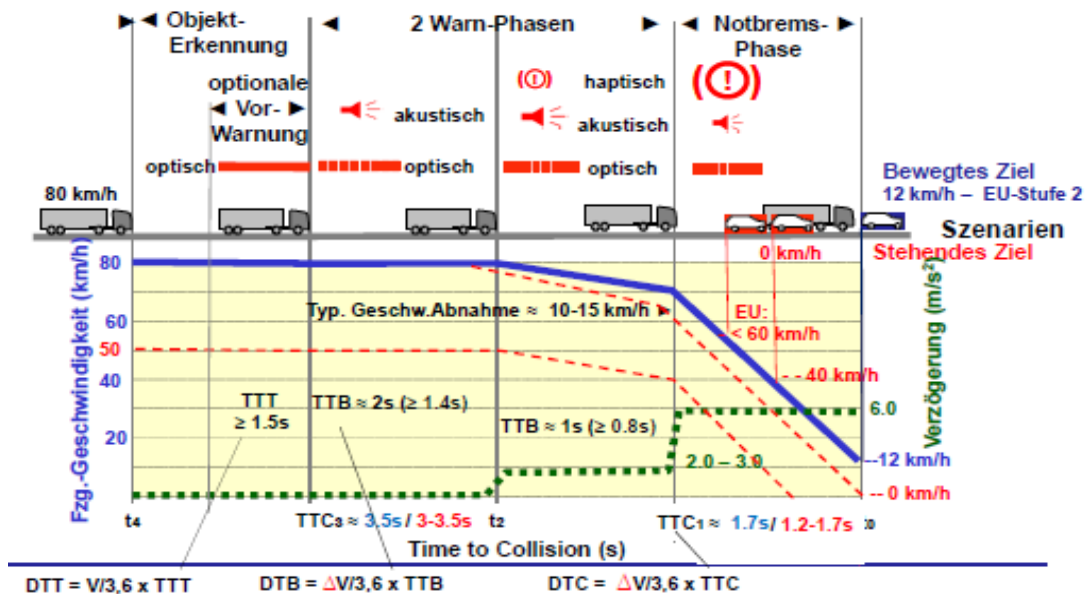
Die seit Mitte oder Ende 2015 serienmäßig in neu zugelassenen Nkw ab 8 t zGG verbauten Notbremssysteme sind gegenüber dem technischen Stand von 2008 weiterentwickelt und erfüllen bereits den für neue Typzulassungen ab Nov. 2016 bzw. Fahrzeugzulassungen ab 2018 gültigen Vorschriftenstand sowohl bei bewegten, als auch stehenden Vorausfahrzeugen, Tabelle 1. Darüber hinaus erwirken mehrere der aktuell eingesetzten Systeme (Marktanteil ca. 50%) vor stehenden Zielfahrzeugen eine deutlich höhere Minderung der Kollisionsgeschwindigkeit (um mehr als 40 km/h statt geforderter  $\geq 20$  km/h) oder sogar – bei optimalen Randbedingungen - ein rechtzeitiges kollisionsfreies Anhalten, **Bild 3**<sup>2</sup>.

Um Fehlwarnungen möglichst zu vermeiden und die Zuverlässigkeit einer frühzeitigen Erkennung von bewegten wie stationären Vorausfahrzeugen so zu verbessern, dass in beiden Fällen eine autarke Vollbremsung „gewagt“ und damit Kollisionen möglichst vermieden werden können, ist für aktuell führende Notbremssysteme [5,9,10,16,18] die Radarsensorik verbessert und auf „dual-mode“ Fern- und Nahbereich-Scanning (200m/ 60m) mit 77 GHz erweitert, Bild 1. Andere Hersteller kombinieren diesen [5,7] oder einen weniger leistungsfähigen Radarsensor mit einer geeigneten Kamera zu einer sogenannten Sensordatenfusion, einer Kombination von Radar- und Kamera-Bildauswertung, mit dem Ziel, stehende Ziele zuverlässiger und auch in Lage und Abmessungen zu identifizieren. Zur Bewertung des Fahr- und Fahrerhaltens werden diverse weitere Sensorinformationen (Lenkwinkel, Querbeschleunigung, Gierrate) herangezogen.

<sup>1</sup> WÜ Stand April 2016: „Vehicle systems which influence the way vehicles are driven and are not in conformity with the aforementioned conditions of construction, fitting and utilization, shall be deemed to be in conformity with paragraph 5 of this Article and with paragraph 1 of Article 13, when such systems can be overridden or switched off by the driver.“

<sup>2</sup> Lt. Herstellerangaben reduzieren folgende aktuelle AEBS die Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 km/h auf trockener Fahrbahn vor evtl. Aufprall auf ein stehendes Ziel um deutlich mehr als 20 km/h:

„EAB2“ - Serienausstattung in MAN-Nkw > 7,5 t:	um mehr als ?? km/h
„AEB“ - Serienausstattung in Scania-Nkw > 12 t:	bis zum kollisionsfreien Stillstand
„CWEB“ - Serienausstattung in Volvo- & Renault-Nkw >7,5 t:	bis zum kollisionsfreien Stillstand
„ABA3“ - Sonderausstattung in Mercedes Actros & Antos:	bis zum kollisionsfreien Stillstand



**Bild 3:** Prinzipieller Ablauf der Warn- und Verzögerungsphasen aktueller AEBS bei Typprüfbedingungen, hier mit einem mit 12 km/h fahrenden (blau) bzw. stehenden (rot) Voraus-Fahrzeug; Optionale optische Vorwarnung (FCW) gemäß Volvo-CWEB [2,18]

Der Verordnung 347/2012/EC entsprechend sind die meisten Systeme als reine „Notfallsysteme“ ausgelegt und warnen – z.T. etwas früher als gefordert (ca. 2 s statt 1,4 s) – nur bei konkreten Kollisionsrisiken, d.h. deutlich später als übliche Abstandsregeltempomaten oder Abstandswarner erst bei u.a. von der Differenzgeschwindigkeit und ggf. -verzögerung abhängigen engen Fahrabständen.

Für die Notbremsphase wird ein hohes Verzögerungspotenzial der Bremsanlage von etwa 6 m/s<sup>2</sup> und somit ein guter Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn unterstellt und benötigt. Auch deswegen müssen die verwendeten Reifen analog dem DVR-Vorstandsbeschluss von 2013 [19] zur Reifenqualität mindestens der Nassgriffklasse C im EU-Reifenlabel entsprechen.

Nähert sich ein schnell fahrender Lkw mit AEBS einem deutlich langsameren bzw. stehenden Fahrzeug, kommt, wie unter den ECE/EU-Testbedingungen, die erste Kollisionswarnung bei längeren als in Straßenverkehrsordnungen vorgegebenen Fahrabständen. Dagegen sind die Warnabstände bei geringen Differenzgeschwindigkeiten, so bei dichtem Lkw-Verkehr auf Autobahnen, extrem gering. Gerade dann können Unfallrisiken vor hohen und breiten Vorausfahrzeugen meist weder vom Fahrer (durch versperrte Sicht), noch von der AEBS-Sensorik („Radarschatten“) rechtzeitig wahrgenommen werden, so dass dabei entstehende Kollisionen von aktuellen AEBS (ohne „Fahrzeug zu Fahrzeug-Kommunikation“) ggf. nicht vermieden werden können.

Bei so kurzen Fahrzeugabständen und plötzlich hohen Verzögerungen des Vorausfahrzeugs ist das Einhalten der geforderten Warnphasen vor Aktivierung der Notbremsung eher unfallerschwerend. In solchen, für den Fahrer nicht mehr beherrschbaren Situationen sollte die autonome AEBS-Notbremsphase sofort, d.h. parallel zu der Warnphase, zulässig sein. Auch „hilft Fahrzeugführern“ das grundsätzliche Einhalten eines ausreichenden Sicherheitsabstandes und/oder eine frühzeitige Abstandsinformation durch einen aktivierten Abstandsregeltempomaten oder einen entsprechend frühen Abstandswarner, wie er von einigen Fahrzeugherstellern als Zusatzfunktion zu deren AEBS geliefert wird, Bild 3 [7].

Auf keinen Fall entbindet das AEBS Fahrzeugführer von der Verpflichtung zur Einhaltung eines Sicherheitsabstandes.

Im Sinne des „Wiener Übereinkommens“ und der Verordnung 347/2012/EC stellen alle Fahrzeughersteller mit entsprechenden Warnhinweisen im Fahrerhandbuch Fahrzeugführer in die Verantwortung. Dazu ermöglichen alle aktuellen Notbremssysteme die Übersteuerbarkeit mindestens der AEBS-Teilbrems- sowie der Notbremsphase mittels bestimmter im Fahrerhandbuch beschriebener Fahreraktionen wie beispielsweise Setzen der Fahrtrichtungsanzeige, Einleiten eines Lenkmanövers, Betätigen des Bremspedals oder des Fahrpedals bzw. „Kickdown“. Dabei wird ggf. – entsprechend dem fehlerhaft übersetzten deutschen Text der 347/2012/EC<sup>3</sup> – abweichend von dem englischen Originaltext und der Begrifflichkeit im Wiener Übereinkommen auch die Notbremsphase nicht nur „übersteuert“, sondern sogar für einige Zeit „abgebrochen“, obwohl diese bei ordnungsgemäßer AEBS-Funktion erst einsetzt, wenn dem Fahrer ein Ausweichmanöver physikalisch, d.h. ohne sein Fahrzeug umzukippen, nicht mehr möglich ist und eine Kollision nur noch durch eine Vollbremsung vermieden werden kann.

Wenngleich in 347/2012/EC nicht gefordert, sondern den Herstellern nur erlaubt, bieten diese alle zusätzlich eine Ab- und Zuschaltbarkeit der AEBS-Funktionalität – in den meisten Fällen sogar der Warnfunktion - durch den Fahrer. Dies geschieht entweder „einfach ausführbar“ über einen Taster oder „erschwerend“ über eine längerdauernde Tastung (Volvo-CWEB [7]) oder eine Menüsteuerung (IVECO-AEBS).

Zusätzlich können sich die Systeme bei Systemstörungen, Störungen des ABS und anderen unzulässigen Zuständen selbsttätig abschalten oder ihre Funktionalität einschränken.

## 5. Felderfahrungen und Ergebnisse aus einschlägiger Unfallanalyse

Seit die Ausstattung schwerer Güterkraftfahrzeuge mit Notbremssystemen bereits im Vorfeld der verordneten Termine zugenommen hat, wachsen auch die Felderfahrungen mit aktuellen Systemen. Davon wird berichtet, dass vor allem ältere Lkw-Fahrer die Abschaltbarkeit auch bewusst nutzen, um nicht durch die Kollisionswarnungen vermeintlich „gestört“ zu werden. Andererseits sind einige - aus der Bedienung von Abstandsregeltempomaten hergeleitete - Kriterien zur Übersteuerung der deutlich zeitkritischeren AEBS-Bremsfunktionen offenbar ungeeignet oder zu sensibel ausgelegt, sodass in kritischen Unfallsituationen aufgeschreckte Fahrer ggf. nicht gewollte, sondern versehentliche AEBS-Abbrüche auslösen. Dadurch können ggf. schwere Kollisionen geschehen, die ohne Übersteuerung durch AEBS vermeidbar wären. Das mag beispielsweise geschehen, wenn der Lkw-Fahrer aus einer - durch die Benutzung von Smartphone, Tablets o.a.- intensiven Ablenkung heraus von einer AEBS-Warnung aufgeschreckt eine „unpassende“ Aktion, wie Vollbetätigung des Fahrpedals anstelle des Bremspedals, ausführt und damit die AEBS-Funktion abbricht.

---

<sup>3</sup> Die deutschsprachige Fassung der 347/2012/EC weicht an mehreren Stellen von dem klarer formulierten englischen Originaltext ab bzw. enthält Übersetzungsfehler, z.Bsp.:

„Bewegliches Ziel“	vs. „Moving Target“	> besser: „bewegtes Ziel“
„unbewegliches Ziel“	vs. „Stationary Target“	> besser: „nicht bewegtes Ziel“
„Abbruch, abbrechen“	vs. „Interruption, interrupt“	> besser: „Unterbrechung, unterbrechen“
„Höchstens 1,4 s vor ..“	vs. „Not later than 1,4s before ..“	> richtig: „Mindestens 1,4 s vor ...“

Dementsprechend berichten Polizeibeamte und Medien [20]<sup>4</sup> von Auffahrunfällen, die von mit Notbrems-Assistenzsystemen ausgestatteten Lkws verursacht worden sind, bei denen das AEBS zuvor abgeschaltet oder vom Fahrer übersteuert worden war. Abgesicherte Zahlen hierzu sind aus den polizeilich und in Länderstatistiken erfassten Unfalldaten nicht zu entnehmen, jedoch gibt eine tiefergehende Analyse des „Lagebildes 2015 auf Niedersächsischen Autobahnen“ [21] Hinweise hierauf. Diese im **Anhang** weitergehend beschriebene Untersuchung [22,26] aller Lkw-Unfälle mit Getöteten (Kat.1) und/oder Schwerverletzten (Kat.2) auf Niedersächsischen Autobahnen in 2015 zeigt die Relevanz für sowie die Vermeid- oder Minderbarkeit durch aktuelle Notbrems-Assistenzsysteme auf. Danach sind 56% (85) aller 151 Kat.1&2-Autobahnunfälle mit Beteiligung von Lkw >3,5 t und 65% der 317 Personenschäden, dabei 70% (24) der (34) Getöteten, durch entsprechende Lkw und zwar überwiegend durch schwere Sattelzüge verursacht worden. Bei 146 der 151 Unfälle sind Lkw >7,5 t beteiligt. Davon sind 40% (59) für eine Beeinflussbarkeit durch AEBS in solchen Lkw relevant, **Tabellen A1, A2, A3**.

Von den durch Lkw >7,5 t verursachten (46) typischen Auffahrunfällen am Stauende bzw. bei stockendem Verkehr wären durch lediglich die EU-Vorschriftenstufe 2 erfüllende „EU2-AEBS“ [22,26] - wegen des hohen Anteils bei Erkennung stehender Vorausfahrzeuge (ca. 50%) und wegen nasser Fahrbahn (15%) nur – 30% der Auffahrunfälle und 40% der dabei Getöteten vermeidbar gewesen. Dagegen wären dies bei Vollausstattung mit optimalen aktuellen AEBS fast 90% dieser Auffahrkollisionen und alle dabei Getöteten sowie fast alle Verletzten, **Tabelle A5**. Die restlichen gut 10% der Stauende-Unfälle bei nasser Fahrbahn wären minderbar gewesen.

Bezogen auf die 59 AEBS-relevanten der 146 Unfälle mit Beteiligung von Güter-Kfz >7,5 t z.GG ermöglichen „EU2-AEBS“ eine Vermeidbarkeit von 24% (14) der relevanten Unfälle, 35% (6) der dabei Getöteten und 80% (56) der Schwerverletzten. Demgegenüber ermöglicht die Vollausstattung mit „aktuell optimalen“ AEBS für Lkw - soweit nicht deaktiviert oder „unglücklich“ übersteuert – eine mehr als dreifach höhere Vermeidbarkeit dieser Unfälle und eine mehr als doppelte Vermeidbarkeit (94%) der dabei Getöteten, **Tabelle A4**.

## 6. Folgerungen und Verbesserungspotenziale

Die EU-Sicherheitsverordnung 661/2009/EU und ergänzende Durchführungsverordnungen werden die Marktdurchdringung mit sicherheitsrelevanten Fahrerassistenzsystemen im Nutzfahrzeug-Segment fördern und so die Verkehrssicherheit in Europa verbessern.

Die Durchführungsverordnung 347/2012 /EC für Notbrems-Assistenzsysteme AEBS in Nkw und die entsprechende UN/ECE Regelung Nr. 131 sind jedoch in einigen Punkten unzureichend oder nachteilig und fallen gegenüber dem Stand der Technik zurück. Diese Schwächen sollten alsbald korrigiert werden, damit Fahrzeughersteller und ihre Kunden nicht verleitet werden, gegenüber dem optimalen Stand der Technik billigere und weniger leistungsfähige, aber der Vorschrift noch genügende Systeme einzusetzen.

---

<sup>4</sup> siehe u.a. *umfangreiche Berichte in „Fernfahrer“, Ausgabe 8, 2015 [20]*  
Copyright Dr.-Ing. E. Petersen, Landesverkehrswacht Niedersachsen

Aktuell in schweren Lkw eingesetzte Notbremssysteme sind i.d.R. leistungsfähiger als gefordert, unterscheiden sich aber wegen unterschiedlicher Herstellerphilosophien und Feld-Erfahrungen oder der eingesetzten technischen Mittel in der Zuverlässigkeit der Zielerkennung sowie besonders bezüglich der Notbremsphase vor stationären Zielen.

Während aktuell verfügbare optimale AEBS die Autobahnunfälle mit Beteiligung von Lkw (>7,5 t) potenziell zu 35% und solche mit AEBS-Relevanz zu 86% vermeiden können, beträgt das Vermeidungspotenzial „nur vorschiftengerechter“ „EU2-AEBS“ u.a. wegen des hohen Anteils stehender Vorausfahrzeuge etwa 10% bzw. 25%, also weniger als ein Drittel [22,26]. Für eine vollständige Bewertung wären zusätzlich die Leichtverletzten anderer Unfälle als Kat.1&2 sowie generell die Sachschäden und volkswirtschaftlichen Kosten vermiedener Unfälle und Verkehrsstaus anzurechnen.

Für alle auf dem Markt befindlichen Notbrems-Assistenzsysteme bestehen unterschiedlich ausgeprägte Verbesserungspotenziale in folgenden Bereichen:

A. Lkw-Auffahrsituationen bei Staubildung auf Autobahnen und auf „ruhende“ Fahrzeuge entstehen zu jeweils etwa 50% mit (bei deren Erkennung noch) bewegtem oder (schon) stehendem Fahrzeug [22,26]. Die Wirksamkeit der autonomen Notbremsphase vor stehenden Zielen muss deshalb grundsätzlich der vor bewegten Zielen angepasst werden. Mindestens für Omnibusse und schwere sowie mittelschwere Güterkraftfahrzeuge (N3 & N2>7,5t) müssen Auffahrkollisionen nicht nur bei bewegten, sondern auch bei stehenden Zielen auf trockenen Fahrbahnen möglichst vermieden werden.

B. Durch Weiterentwicklung der Sensorik sowie Algorithmen und unter Nutzung von Felderfahrungen sollte zeitnah das Identifizieren kollisionsrelevanter Ziele weiter verbessert werden, um fehlerhafte und unnötige Systemreaktionen und so die Notwendigkeit von Fahrereingriffen zu vermeiden und die Fahrerakzeptanz weiter zu erhöhen. Zugleich könnte die Identifizierung „kleinerer“ Ziele, z.B. Klein-Pkw und Motorräder, sichergestellt werden, um auch auf diese mit Warnung und Bremsung zu reagieren

C. Im Sinne des „Wiener Übereinkommens über den Straßenverkehr“ muss der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug in jeder Situation behalten. Für die notwendige Übersteuerbarkeit der AEBS-Bremsfunktionen sollten aber nur solche bewussten Fahrer-Aktionen zugelassen und von den Herstellern vorgesehen werden, die ein ungewolltes Übersteuern, z.B. durch einen unaufmerksamen Fahrer vermeiden. Speziell ein Übersteuern der AEBS-Notbremsung darf nicht zum „Abbruch“ führen und nicht versehentlich geschehen können. Diesbezüglich optimale Übersteuerungsaktionen mögen in einem öffentlichen Forschungsvorhaben ermittelt und sollten möglichst übergreifend standardisiert werden.

D. Von solchen optimierten Übersteuerungen abgesehen, muss die gesetzlich verordnete AEBS-Funktionalität im Fahrbetrieb permanent verfügbar sein. Für den AEBS-Betrieb ungeeignete Einsatzfälle und Betriebszustände sollten definiert und durch den Gesetzgeber von der Verordnung ausgenommen werden.

Funktionsstörungen, z.B. durch Frontanbauten, müssen vom System selbst erkannt und zur eigensicheren Um- oder Abschaltung sowie Fahrerwarnung führen. Ein ma-



uelles „Ausschalten“ der AEBS-Funktionen durch den Fahrer sollte grundsätzlich nicht mehr zulässig sein. Eine situationsbedingte Unterbrechung sollte nur sehr eingeschränkt möglich sein und automatisch wieder aufgehoben werden.

E. Die vorgeschriebene Dauer der Kollisionswarnkaskade von 1,4 s vor der zur Vermeidung einer Kollision notwendigen Not-/Vollbremsung, Bild 4, stellt für ungeübte Fahrer schwerer Nutzfahrzeuge eine hohe Herausforderung dar, um rechtzeitig zu reagieren und die Kollision noch selbst zu verhindern. Es sollte geprüft werden, ob nicht dank weiterentwickelter Zielidentifikation die Vorgabe dieser Warndauer angehoben werden kann (z.B. auf mehr als 2 s). Andererseits sollte bei von dem Fahrer objektiv nicht beherrschbaren Auffahrsituationen, z.B. bei einem nicht vom Fahrer oder AEBS rechtzeitig erkennbaren Crash eines Vorausfahrzeugs, die AEBS-Notbremsphase auch ohne vorherige, also sofort parallel zu der Warnphase zulässig sein.

F. Um auch einem abgelenkten Fahrer die Möglichkeit zu geben, eine Auffahrsituation selbst zu beherrschen und rechtzeitig geeignete Übersteuerungsmaßnahmen zu ergreifen, sollte die Kollisionswarnkaskade um eine vorgelagerte optische Abstandsvorwarnung ergänzt werden, Bild 4, die vor allem auch bei Kolonnenfahrten mit geringer Differenzgeschwindigkeit den Fahrer auf einen zu geringen Abstand zum Vorausfahrzeug aufmerksam macht. Diese Abstandsvorwarnung mag – wie bei Abstandsregeltempomaten – verstellbar sein und unterdrückt werden, wenn das AEBS oder ein optionaler Abstandsregeltempomat bereits warnt und/oder der Fahrer bereits entsprechend aktiv geworden ist, sollte aber auch vor stehenden Zielen warnen.

G. Mehr als 10% der Auffahrsituationen finden bei nasser Fahrbahn statt, siehe Anlage [21,26]. Dementsprechend wäre eine Erkennung und Berücksichtigung des Fahrbahnzustands bzw. der Wettersituation (Scheibenwischer aktiv) anzustreben, um die Funktionalität so zu adaptieren, dass auch auf nassen Fahrbahnen Auffahrkollisionen vermieden werden können.

H. Omnibus- und Lkw-Fahrer müssen mit der Wirkung von Notbrems-Assistenzsystemen in geeigneter Weise vertraut gemacht werden. Ein Vorschlag ist, die Verordnung zur Durchführung des Berufskraftfahrer-Qualifikations-Gesetz (BKrFQV), Anlage 1 in praktischen Trainings umzusetzen. Ziel sollte sein, Pkt. 1.2 des BKrFQV „Kenntnisse der technischen Merkmale und der Funktionsweise der Sicherheitsausstattung des Fahrzeugs, um es zu beherrschen, ...“ zu entsprechen.

Bis zur Umsetzung dieser Verbesserungen wird Omnibus- und Lkw-Führern empfohlen, eine optional installierte Abschaltbarkeit nicht oder allenfalls in speziellen Betriebsbedingungen zu nutzen. Das Notbrems-Assistenzsystem AEBS sollte im Fernverkehr grundsätzlich eingeschaltet bleiben und höchstens im Bedarfsfall von Fahrzeugführern bewusst übersteuert werden. Zusätzlich wird empfohlen, mindestens im Fernverkehr auch serienmäßig oder optional verbaute Abstandsregler und Abstandswarner grundsätzlich zu nutzen.

## Literatur

- [1] Morschheuser, K.: Commercial vehicle accident analysis of an OEM and derived results. EVU 2014
- [2] Amtsblatt der EU L200/1 31.07.2009, Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009
- [3] EU Durchführungsverordnung Nr. 347/2012/EC zu Notbrems-Assistenzsystemen.
- [4] UN/ECE-Regulation No. 131 with regard to the AEBS. 9.7.2013 - with 01 series of amendments, Supplement and Revision 1 to 01 series, Febr. 2014
- [5a] Petersen, E.: Fahrerassistenzsysteme für Nutzfahrzeuge zur Erhöhung der Verkehrssicherheit - Stand der Technik und Anforderungen Europäischer Vorschriften - Forderungen an Gesetzgeber, Hersteller und Betreiber. VKU Dez.2012/Jan.13
- [5b] Petersen, E., Verkehrssicherheitserhöhende Fahrerassistenzsysteme für Nutzfahrzeuge – unter dem Aspekt Europäischer Vorschriften. EVU-Kongress Kopenhagen 2014
- [6] Gwehenberger, J., Schwertberger, W., Daschner, D.: Wirkungspotenziale von Adaptive Cruise Control und Lane Guard System bei schweren Nutzfahrzeugen
- [7] Almquist, C.J., Bernhardt, J.: Volvo FH Sicherheitssysteme. Volvo Group Trucks 2014, Präsentation und Video: [www.youtube.com/watch?v=ridS396W2BY](http://www.youtube.com/watch?v=ridS396W2BY)
- [8] Scherhauser, I., Zomoter, Z., Trost, J.; Active Brake Assist – Erfahrungen aus 4 Jahren Serieneinsatz. DEKRA/VDI-Symposium Okt. 2010
- [9] Daimler AG: Noch mehr Sicherheit. Hauszeitschrift ROUTE 3/2010
- [10] Breuer, K., Sandkühler, D., Adam, C.: Automatische Notbremssysteme im Nfz – Vorstellung eines Systems für die gesetzlichen AEBS-Anforderungen ab 2013/15. VDI-Tagung Okt. 2010
- [11] Landesverkehrswacht Niedersachsen, FAS für Nfz. Position & Wissensblatt 16, 10/2010
- [12] Deutsche Verkehrswacht, FAS für Nfz. Positionspapier 2010, aktualisiert 2012
- [13] Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1977, Teil II, Übereinkommen über den Straßenverkehr.
- [14] Seeck, A., Gasser, T.M., Klassifizierung und Würdigung der rechtlichen Rahmenbedingungen mit der Einführung moderner FAS. BASt 2008
- [15] DVR-Vorstandsbeschluss „Zur Korrelation zwischen dem Wiener Übereinkommen und ECE-Regelungen“ vom 25.06.2010
- [16] Breuer, K., Kitterer, H.: Der Weg zur autonomen Notbremsung im Nfz. VDI-T. Nfz 2007
- [17] Steinberger, J., Gücker, U., Hecker, F.: AEBS für Nfz. VDI-Tagung Okt. 2010
- [18] Wiehen, C., et.al.: Entwicklungen und Trends bei Assistenzsystemen für Lkw. ATZ 01/2012
- [19] DVR-Vorstandsbeschluss „Reifen“ von 2013
- [20] Bergrath, J.: Zwei tödliche Unfälle schockieren, denn die Lkw hatten einen Notbrems-Assistenten. Hat der Fahrer versagt oder die Technik? Eine Spurensuche. Fernfahrer 8/2015
- [21] Simon, N.: Unfälle auf Niedersächsischen Autobahnen mit Lkw-Beteiligung - Lagebild 2015. Vortrag vor DVR-Ausschuss Fahrzeugtechnik in 114. Sitzung am 08.03.2016
- [22] Petersen, E.: Notbrems-Assistenzsysteme für Lkw - Relevanz und Unfallvermeidungspotenzial bei Lkw-Unfällen auf Niedersächsischen Autobahnen in 2015. Vortrag vor DVR-Ausschuss Fahrzeugtechnik, in 114. Sitzung am 08.03.2016
- [23] Destatis: Sonderauswertung zu Unfällen mit Getöteten und mit Schwerverletzten auf bundesdeutschen Straßen in 2015. Juli 2016. Beauftragt von der Landesverkehrswacht Niedersachsen und dem Innenministerium Niedersachsen
- [24] Landesverkehrswacht Niedersachsen: Zu Notbrems-Assistenzsystemen für Nkw. Pos.9/2012
- [25] DVR-Vorstandsbeschluss „Notbrems-Assistenzsysteme für Nkw“ vom 08.09.2016
- [26] Petersen, E., Simon, N., Krupitzer, U.: Lkw-Unfälle mit schweren Personenschäden auf niedersächsischen Autobahnen und deren Relevanz für sowie Vermeidbarkeit durch aktuelle Notbrems-Assistenzsysteme. ZVS 11/2016

**Landesverkehrswacht Niedersachsen e.V.**

**Lkw-Unfälle auf Niedersächsischen Autobahnen in 2015 und Relevanz sowie unterschiedliches Unfallvermeidungspotenzial aktueller Notbrems-Assistenzsysteme AEBS für Lkw >7,5 t**

Dr.-Ing. Erwin Petersen, 01. September 2016

Nachdem in 2014 die Anzahl von Auffahrunfällen mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen (nachfolgend „Lkw“) auf Niedersächsischen Autobahnen (A1, A2, A7 u.a.) gegen den Trend der Vorjahre wieder angestiegen war, wurden durch eine Arbeitsgruppe des Niedersächsischen Innenministeriums, Referat 24, und der Landesverkehrswacht Niedersachsen Unfälle auf Autobahnen und mehrspurigen Bundesstraßen (B3, B4, B6, B72) von 2015 mit Lkw-Beteiligung und Getöteten (Kat.1) oder Schwerverletzten (Kat.2) [21] retrospektiv detailliert und fachkundig auf ihre Relevanz für sowie ihre Vermeid- oder Minderbarkeit durch aktuelle Notbrems-Assistenzsysteme AEBS für Lkw analysiert [22,26].

**Kat.1&2-Unfälle auf Niedersächsischen Autobahnen und deren AEBS-Relevanz**

Auf den Niedersächsischen Autobahnen fanden in 2015 430 Verkehrsunfälle der Kat.1 und Kat.2, davon 175 mit Beteiligung von als Lkw zugelassenen Fahrzeugen (N1, N2, N3) und - unter Berücksichtigung von 8 Unfällen auf den oben genannten Bundesstraßen - 151 mit Lkw >3,5t zGG (N2, N3) statt. Von den 151 Unfällen wurden 56% (85) durch Lkw >3,5t hauptverursacht, davon 86% auf trockener und 12% auf nasser Fahrbahn, **Tabelle A1 A**. Dabei verunglückten 317 Personen, davon 34 tödlich, 165 schwer- und 118 leichtverletzt. Von diesen wurde ein überproportionaler Anteil von 65% Personenschäden (24 GT, 96 SV, 86 LV) durch Lkw >3,5 t, davon fast alle Getöteten sowie Verletzten durch Lkw >7,5 t verursacht. Bei den 30 Schwerstunfällen mit Getöteten betrug die Lkw-Verursacherrate fast 70%.

**Tabelle A1:** Verkehrsunfälle 2015 der Kat.1& 2 auf Niedersächsischen Autobahnen nach Fahrzeugart und Beteiligung von Lkw

**A1 A:** - nach Unfall-Kategorie, Fahrbahnbedingungen und Personenschaden

<b>Nds. Autobahnen, Kat.1&amp;2-VU</b>	<b>VU</b>	<b>Kat.1</b>	<b>Kat.2</b>	<b>trocken</b>	<b>nass</b>	<b>glatt</b>
2015 – VU mit allen Fzg-Arten	430	50	380			
davon mit Lkw - N1, N2, N3	175	34	141			
<b>davon mit Lkw &gt;3,5 t - N2, N3</b>	<b>151</b>	<b>30</b>	<b>121</b>	122	24	5
<b>&gt;7,5 t</b>	<b>146</b>	<b>29</b>	<b>117</b>	118	23	5
<i>durch Lkw &gt;3,5 t verursacht</i>	<b>85</b>	<b>20</b>	<b>65</b>	73	10	2
<i>&gt;7,5 t</i>	<b>81</b>	<b>19</b>	<b>61</b>	70	9	1

<b>Unfallfolgen - Personenschäden</b>	<b>GT</b>	<b>SV</b>	<b>LV</b>
bei Kat.1&2-VU mit Lkw	393	38	202
<b>bei Kat.1&amp;2-VU mit Lkw &gt;3,5 t</b>	<b>317</b>	<b>34</b>	<b>165</b>
<b>&gt;7,5 t</b>	<b>309</b>	<b>34</b>	<b>158</b>
<i>durch Lkw &gt;3,5 t verursacht</i>	<b>206</b>	<b>24</b>	<b>96</b>
<i>&gt;7,5 t</i>	<b>199</b>	<b>23</b>	<b>92</b>

Als hauptbeteiligte und -verursachende Güterkraftfahrzeuge dominierten eindeutig Sattelzüge gegenüber Lkw mit Anhänger, Solo-Lkw >7,5t und Leichten Lkw 3,5–7,5t. Von diesen Güter-Kfz waren 65% in Deutschland zugelassen. Dagegen wurden 36% (54) der 151 Unfälle von Pkw, 6% von leichten Transportern (<3,5 t) und 3% durch Motorräder bzw. einen Fußgänger verursacht [21], **Tabelle A1 B**.

**Tabelle A1 B:** - Hauptbeteiligte, Hauptverursacher und Unfallgegner nach Fzg-Art

Nds.Autobahnen, Kat.1&2-VU	Haupt-		U-Gegner			Beteil.
	Bet.	Ver.	Direkt	Ver.	Alle	
<b>Beteiligte &amp; Verursacher &gt;3,5t nach Fahrzeugarten</b>	<b>151</b>	<b>85</b>	<b>143</b>	<b>67</b>	<b>266</b>	<b>247</b>
(Schwerer) Sattelzug	101	59	29	0	50	151
Lkw mit Anhänger	24	12	12	0	21	45
Lkw ohne Anhänger (>7,5 t)	21	10	7	0	15	36
„Klein“-Lkw (3,5-7,5 t)	5	4	3	0	10	15
Wohnmobil (& Bus)			2	0	4 (+1)	
Klein-Transp. (<3,5t)			8	8	9	
Pkw			78	54	150	
Krad / Fußgänger			3 / 1	3 / 1	4 / 1	

Die Verteilung der 151 Unfälle, davon 146 mit Lkw >7,5 t, nach Unfallarten und ihren Personenschäden, **Tabelle A2**, zeigt eine Dominanz von Auffahrunfällen im Längsverkehr (Unfallart 2) und speziell von Unfällen am Stauende (61=40%) mit deren relativ vielen schweren Personenschäden (GT 59%, SV 40%). 75% (46) der Stauende-Unfälle wurden durch Güter-Kfz >7,5 t, überwiegend durch Sattelzüge (37) verursacht.

Gemäß einer vertiefenden Analyse der Unfalldaten sind insgesamt 42% (64) der 151 Unfälle für eine Beeinflussbarkeit durch AEBS in Lkw >3,5 t bzw. 40% (59) von 146 für AEBS in Lkw >7,5 t relevant, Tabelle A2. Dies sind vor allem die am Stauende bzw. bei Stockendem Verkehr von Lkw >7,5 t verursachten Auffahrunfälle, aber auch einige Kollisionen mit ruhenden Fahrzeugen sowie acht Unfälle, bei denen Pkw, Transporter oder Motorräder das Auffahren eines Lkw verursachten, beispielsweise durch einen zu engen Spurwechsel nach Überholvorgang oder unaufmerksames Einfahren in den fließenden Verkehr.

Von den 151 Kat.1&2-Unfällen mit Beteiligung eines Lkw >3,5 t (N2, N3) sind 4% (6) für Notbremssysteme in leichten Transportern <3,5 t und 24% (36) für solche in Pkw relevant. In diesen Fällen sind diese leichten Fahrzeuge vor allem im Längsverkehr auf einen Lkw bzw. dessen Anhängergefahrzeug aufgefahren und haben zu 7 bzw. 61 Personenschäden mit 2 bzw. 8 Getöteten geführt. Diese Fälle und die entsprechenden Notbremssysteme werden hier nicht weiter betrachtet.

Im Vergleich zu AEBS für Lkw > 3,5 t sind für die anderen EU-weit vorgeschriebenen Stabilitätsregelsysteme EVSC und Spurverlassenswarner LDWS 10 bzw. 14 und - ohne Doppelzählung - in Summe 20, also deutlich weniger der 151 Lkw-Unfälle rele-

vant. Das mag auch an der unfallvermeidenden Wirkung der schon länger eingesetzten Stabilitätsregelsysteme liegen.

**Tabelle A2:** Verkehrsunfälle der Kat.1 & Kat.2 auf Niedersächsischen Autobahnen 2015 mit Beteiligung von Lkw >7,5 / >3,5 t zGG und Personenschäden, nach Unfallarten sowie nach Relevanz für Lkw-Assistenzsysteme, speziell AEBS u.a.

Kat.1&2-VU mit Lkw-Beteiligung und deren Personenschäden nach Unfallarten >7,5t + (3,5-7,5)t	VU	GT	SV	LV	VU mit Relevanz für AEBS LDW/ESC		
	146 +5	34	158 +7	117 +1	>7,5	+>3,5t	>3,5t
<b>Zusammenstoß mit anderem Fzg.,</b>					<b>59</b>	+5	<b>20(14/10)</b>
1 das anfährt, anhält oder steht	<b>5</b>	2	4	2	2		
<b>2 das vorausfährt oder wartet</b>	<b>86</b> +5	<b>23</b>	<b>99</b> +7	90 +1	<b>52</b>	+5	
davon <b>Stau-Ende/Stock.Verkehr</b>	<b>59</b> +2	<b>20</b>	<b>64</b> +2	75 +1	45	+2	
davon durch <b>Lkw &gt;7,5t verursacht</b> + >3,5t verursacht	<b>46</b> +2	<b>15</b>	<b>54</b> +2	<b>69</b> +2	<b>44</b>	+1	
3 das seitlich gleiche Richtung fährt	<b>20</b>	1	<b>21</b>	7	2		<b>4 (3/1)</b>
4 entgegenkommt	<b>3</b>	1	2	0			<b>1 (0/1)</b>
5 einbiegt oder kreuzt	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	2		
6 Zusammenstoß mit Fußgänger	<b>1</b>	1	0	1	1		
7 Aufprall auf Hindernis auf Fahrbahn	<b>3</b>	0	2	2			
<b>8/9 Abkommen von Fahrbahn re/li</b>	<b>20</b>	5	<b>22</b>	10	1		<b>15 (11/8)</b>

### Auffahrunfälle verursacht durch Güter-Kfz mit AEBS-Ausstattung

Aus den polizeilich erfassten und anonymisierten Unfalldaten [21] geht nicht direkt hervor, ob unfallverursachende bzw. auffahrende Lkw bereits mit einem Notbremsystem ausgestattet waren und, wenn ja, ob dieses die Unfallfolgen beeinflusst haben könnte. Bei detaillierter Betrachtung von Unfallfotos und -abläufen sind solche AEBS-Einflüsse, wie etwa Ansätze von Ausweichmanövern, in den hier untersuchten Fällen nicht erkennbar. Jedoch konnte durch Vergleichen der ermittelten Lkw-Marken, -Modelle und deren Erstzulassungsdaten mit den Serieneinsatzterminen von AEBS für 35 von 56 als relevant erfassten Fahrzeugen die AEBS-Verfügbarkeit ausgeschlossen werden. Für weitere 10 Fahrzeuge kann wegen nicht bekannten Erstzulassungsdatums keine Aussage getroffen werden. Das ist jedoch bei mindestens 2 bis zu ca. 10 der 59 AEBS-relevanten Auffahrunfälle möglich [22].

So zeigt **Bild A1** einen Auffahrunfall mit einem neuen Sattelzug, dessen nachweislich vorhandenes leistungsfähiges Notbremssystem laut Bericht in [20] von dem bei dem Unfall getöteten Fahrer durch „Kick-Down“ übersteuert worden sein soll.

Bei weiteren zwei der für AEBS relevanten Auffahrunfälle könnte das gleiche, im Zulassungszeitraum mit einer Rate von ca. 60% optional verbaute Notbremssystem ebenfalls vorhanden gewesen sein, ohne dass dafür ein konkreter Hinweis vorliegt.





**Bild A1:** Tödlicher Auffahrunfall eines modernen Sattelkraftfahrzeugs mit Notbremsystem auf ein in der Fahrspur stehendes, mit Warnleuchten etc. gesichertes Pannenfahrzeug auf der A1 bei Brinkum

Auch verunfallte im Dezember auf der A7 bei Hannover ein Sattelzug, dessen erst im Oktober 2015 zugelassene Zugmaschine einer anderen Marke vom Serieneinsatztermin her mit einem neuen leistungsfähigen AEBS ausgestattet war. Jedoch hatte der Fahrer dieses zuvor bewusst ausgeschaltet. Der Sattelzug prallte mit etwa 30 km/h auf einen am Stauende stehenden Pkw und schob diesen versetzt unter einen stehenden Sattelanhänger. Dabei wurde der Pkw-Fahrer schwer verletzt. Beide Sattelzugfahrer blieben unverletzt.



**Bild A2:** Auffahrunfall eines sehr neuen Sattelkraftfahrzeugs mit vom Fahrer zuvor abgeschaltetem modernem Notbremsystem (EBA2) auf einen Pkw

Bei weiteren etwa vier Lkw könnten – wenig wahrscheinlich - frühe Notbremsysteme vorhanden gewesen sein. Diese alle hätten dann jedoch wegen begrenzter Leistungsfähigkeit vor stehenden Zielen oder vom Fahrer deaktiviert bzw. übersteuert offenbar keinen hinreichenden Einfluss genommen. Bezogen auf die 59 für AEBS in Lkw >7,5 relevanten Unfälle mag also in 3% (2) bis 13% (8) ein Notbremsassistent vorhanden, dann aber vom Fahrer abgeschaltet oder übersteuert oder von seiner Wirkung her in diesen Fällen (stehende Objekte) nicht unfallvermeidend gewesen sein.



## Unfallvermeidungs- und –Minderungspotenzial aktueller AEBS für Lkw

Um das Unfallvermeidungspotenzial aktueller und unterschiedlich leistungsfähiger Notbremssysteme bewerten zu können, wurden in einer vertiefenden Analyse alle von Lkw bei Stauende/Stockendem Verkehr verursachten Unfälle sowie alle weiteren, auch von anderen Verkehrsteilnehmern bei anderen Unfallszenarien verursachten AEBS-relevanten Unfälle individuell darauf untersucht und bewertet ob

- trockene, nasse oder glatte Fahrbahnverhältnisse vorlagen,
- bei potenzieller Erkennung durch AEBS das Zielfahrzeug sich (noch) bewegte oder (schon) stand bzw. stationär ruhte und ob
- die jeweilige Auffahrkollision und deren Unfallfolgen durch ein aktives und nicht übersteuertes AEBS hätten vermieden oder gemindert werden können; dies alternativ
  - durch die Vorschriftenstufe 2 erfüllende Notbremssysteme „EU2-AEBS“
  - durch aktuell optimale Systeme „Opt. AEBS 2015“
  - durch weiter optimierte AEBS mit einer zusätzlichen Abstandswarnung.

**Tabelle A3:** Verkehrsunfälle der Kat.1 & Kat.2 mit Beteiligung von Lkw >7,5 t zGG  
- nach Unfalltypen, Relevanz für Lkw-AEBS und stehenden Unfallgegnern

Kat.1&2-Verkehrsunfälle auf Niedersächsischen Autobahnen in 2015	Beteiligung Lkw >7,5 t			verursacht v. Lkw >7,5 t		
	VU	AEBS Relev.	Steh. Ziel	VU	AEBS Relev.	Steh. Ziel
registriert:	146	N.N.	41	81	N.N.	38
<b>Nach Unfalltypen und Detail-Analyse</b>		<b>59</b>	<b>24-35</b>		<b>52</b>	<b>23-33</b>
<b>1&amp;3 Fahr- &amp; Abbiegeunfall</b>	26	3	0	17	2	0
<b>5 Unfall mit ruhendem Fzg</b>	6	3	2	3	2	2
<b>601,.. vorausfahrendem Fzg</b>	36	9	2	9	9	2
612,..langsam fahrendem Fzg	4	3	0	4	4	0
<b>611,..im Stau stehendem Fzg</b>	37	33	18-28	33	33	18-28
631, im sonst. Längsverkehr	22	5	0	10	0	0
<b>703,401,.. Sonstige Unfälle</b>	15	4	2	6	1	1

**Tabelle A3** zeigt die Verteilung der 146 Kat.1&2-Unfälle mit Beteiligung von Lkw >7,5 t nach Unfalltypen. Auch hier ist die Dominanz der Kollisionen mit fahrenden (UT 601, 602,..) bzw. im oder wegen Stau stehenden oder langsam bewegten (UT 611, 612,..) Vorausfahrzeugen ersichtlich.

Gemäß den Angaben der Nds. Unfalldatei [21] ist bei Unfällen im Längsverkehr der Anteil mit stehenden Vorausfahrzeugen etwa 50%. Ergänzt um andere „ruhende“ (UT 501,..) Vorausfahrzeuge sind bei 38 der von Lkw >7,5 t verursachten 81 Unfälle die Unfallgegner als stehend registriert. Nach detaillierter Analyse von Unfalldateien, -berichten und anderen Quellen haben sich davon einige Vorausfahrzeuge in der Unfallentstehung noch bewegt, so dass sie von einem AEBS des auffahrenden Lkw als

noch bewegt hätten erkannt werden können. Dagegen standen bei den 59 AEBS-relevanten Unfällen mit Lkw >7,5 t z.GG mindestens 40% und bis zu 60% der Unfallgegner nicht erst bei der Kollision, sondern bereits in der Unfallentstehung bei Erkennbarkeit durch AEBS.

Unter Nutzung aller vorliegenden Informationen und der Fachkenntnis zur Leistungsfähigkeit aktueller Notbremsysteme wurden alle notbremsrelevanten Unfälle fallweise einer detaillierten Analyse unterzogen. Danach hätte die Ausstattung aller auffahrenden Lkw >7,5 t mit den die Vorschriftenstufe 2 erfüllenden „EU2-AEBS“ und deren Nutzung 24% der 59 AEBS-relevanten Kat. 1&2-Unfälle und 35% der dabei Getöteten vermeiden können. Dagegen wären bei Ausstattung der Lkw mit aktuell-optimalen AEBS, die eine Kollision auch mit stehenden Zielen vermeiden können, 86% der AEBS-relevanten Kollisionen und mehr als 90% der dabei Getöteten sowie der Verletzten vermeidbar gewesen, **Tabelle A4**, soweit der Fahrer diese nicht deaktiviert oder „unglücklich“ übersteuert hätte.

Mit einem weiterentwickelten optimalen „AEBS‘18+AW“, das den im Haupttext aufgezeigten Empfehlungen entspricht, wären – zukünftig – praktisch alle AEBS-relevanten Unfälle und deren Unfallfolgen vermeidbar.

**Tabelle A4:** AEBS-Relevanz von Autobahn-Unfällen mit schweren Personenschäden (Kat.1&2) und Beteiligung von Güter-Kfz („Lkw“) >7,5 t sowie deren Vermeidbarkeit durch unterschiedlich leistungsfähige AEBS

Kat.1&2-VU auf Nds. Autobahnen mit Beteiligung von Lkw >7,5t	VU	GT	SV	LV	trocken	Steht
	146	34	158	117	116	
AEBS-relevante VU mit Lkw >7,5 t	59	17	70	78	53	24+
Anteil AEBS-Relevanz	40%	50%	44%	67%		

Vermeidungspotenzial durch	EU2-AEBS	Opt.AEBS‘15	AEBS ‘18+AW
Von 59 Kollisionen vermeidbar	14	24%	51
minderbar	42	68%	6
Von 17 Getöteten vermeidbar	6	35%	16
Von 70 Schwerverl. vermeidbar	56	80%	67
Von 78 Leichtverletzten vermeidbar	26	33%	70

**Tabelle A5:** Von Güter-Kfz >7,5 t hauptverursachte Unfälle der Kat.1&2 am Stauende bzw. bei Stockendem Verkehr sowie deren Vermeidbarkeit durch unterschiedlich leistungsfähige AEBS

Kat.1&2-VU bei Stauende /Stock. Verkehr	VU	GT	SV	LV	trock.	steht
mit Beteiligung von Lkw >7,5t	59	20	64	75	49	23+
hauptverursacht durch Lkw >7,5t	46	15	54	69	40	23+

Vermeidungspotenzial durch	EU2-AEBS	Opt.AEBS‘15	AEBS ‘18+AW
Von 46 Kollisionen vermeidbar	14	30%	41
minderbar	32	70%	5
Von 15 GT vermeidbar	6	40%	15
Von 54 SV vermeidbar	40	74%	51
Von dabei 69 LV vermeidbar	47	68%	65

Von den am Stauende bzw. bei stockendem Verkehr durch Lkw >7,5 t verursachten 46 typischen Auffahrunfällen, **Tabelle A5**, wären durch aktive „EU2-AEBS“ - wegen des hohen Anteils stehender Vorfahrzeuge und wegen nasser Fahrbahn nur - 30% der Kollisionen und 40% der dabei Getöteten, dagegen bei Vollausrüstung und -nutzung mit „Opt. AEBS 2015“ sogar alle Auffahrkollisionen auf trockener Fahrbahn, alle Getöteten sowie fast alle Verletzten vermeidbar gewesen.

Das in Tabellen A4 und A5 für weiter verbesserte AEBS mit einer zusätzlichen frühen Abstandswarnung gezeigte zusätzliche Unfallvermeidungspotenzial fällt vor allem bei Unfällen auf nasser Fahrbahn, mit kleineren Unfallgegnern oder bei dichtem Verkehr an. Darüber hinaus kann die frühe Abstandswarnung – ähnlich einem aktivierten ART/ACC - intensiv abgelenkten Fahrern helfen, eine bewusstere rechtzeitige und wirksame Eigenmaßnahme zu ergreifen. Diese eher fahrerindividuelle Wirkung wurde in [22] nicht weiter untersucht oder bewertet, siehe aber [6].

### **Vertiefende Analyse einiger AEBS-relevanter Unfälle durch GIDAS**

Die Unfallforschung der Medizinischen Hochschule Hannover rückt bei Verkehrsunfällen mit Personenschaden auf Straßen in der Region Hannover aus, nimmt diese intensiver als die Polizei auf und unterzieht diese einer vertiefenden Analyse „GIDAS“. Von den hier betrachteten 146 Unfällen mit schweren Personenschäden und Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen >7,5 t auf Niedersächsischen Autobahnen sind seitens GIDAS unabhängig von dieser Analyse neun Unfälle aufgenommen worden. Deren vertiefende Analyse bestätigt die bei der hier beschriebenen Analyse zugrunde gelegten Ansätze und ergänzt dessen Analysetiefe beispielsweise in Hinblick auf die Geschwindigkeitsverläufe vor und während der Kollision.

### **Hochrechnung des Unfallvermeidungspotenzial auf aktuelle und zukünftige Ausstattungsszenarien in Deutschland**

Um eine Hochrechnung der für Niedersächsische Autobahnunfälle ermittelte Relevanz für Notbremssysteme und deren Unfallvermeidungspotenziale auf bundesdeutsche Autobahnunfälle vornehmen zu können, wurde zunächst bei dem Statistischen Bundesamt eine Sonderauswertung für entsprechende Unfälle mit Güterkraftfahrzeugen in Auftrag gegeben [23]. **Tabelle A6** zeigt die so ermittelten Unfälle mit schweren Personenschäden auf allen deutschen Autobahnen. Während für alle Fahrzeugarten und alle Güterkraftfahrzeuge alle erfassten entsprechenden Unfälle berücksichtigt sind, beziehen sich die unteren Zeilen nur auf Unfälle mit Beteiligung von in Deutschland zugelassenen Güter-Kfz >3,5 bzw. 7,5 t zGG.

**Tabelle A6:** Verkehrsunfälle mit schweren Personenschäden (Kat. 1&2) und Beteiligung von Güter-Kfz auf deutschen Autobahnen in 2015 nach Fahrzeugart [23]

<b>Kat.1&amp;2-VU 2015 – Alle BAB</b>	<b>VU</b>	<b>Kat.1</b>	<b>Kat.2</b>	<b>PersSch.</b>	<b>GT</b>	<b>SV</b>	<b>LV</b>
<b>mit allen Fahrzeug-Arten, ges.</b>	<b>4.579</b>	377	4.202	<b>9.447</b>	<b>414</b>	<b>5.834</b>	<b>3.199</b>
<b>mit G-Kfz - N1,N2,N3, ges.</b>	<b>1.707</b>	210	1.497	<b>3.333</b>	<b>232</b>	<b>2.053</b>	<b>1.048</b>
<b>mit bei dem KBA registrierten</b>							
<b>G-Kfz &gt;3,5 t - N2,N3</b>	<b>1.060</b>	133	927	<b>2.045</b>	<b>149</b>	<b>1.253</b>	<b>643</b>
<b>G-Kfz &gt;7,5 t</b>	<b>863</b>	115	748	<b>1.637</b>	<b>130</b>	<b>1.007</b>	<b>500</b>

Abweichend von den zuvor dargestellten Auswertungen zeigt **Tabelle A7** zunächst die Unfalldaten sowie AEBS-Relevanz und –Potenziale für die (138) Unfälle beschränkt auf niedersächsische Autobahnen, also ohne die zuvor berücksichtigten (8) Unfälle auf mehrspurigen Bundesstraßen. Mit diesen prozentualen Anteilen einerseits und den Unfalldaten aller Unfälle auf bundesdeutschen Autobahnen mit Beteiligung von Güter-Kfz, Tabelle A6, andererseits errechnen sich die anteiligen AEBS-relevanten Unfälle mit Lkw >7,5 t und deren Folgen auf allen Bundesautobahnen.

**Tabelle A7:** Verkehrsunfälle 2015 mit schweren Personenschäden (Kat.1 & Kat.2) und Beteiligung von Güter-Kfz („Lkw“) – Hochrechnung der AEBS-Relevanz und Vermeidungspotenziale von niedersächsischen auf alle deutschen Autobahnen

<b>Kat.1&amp;2-VU auf Nds. BAB</b>	<b>VU</b>	<b>Kat.1</b>	<b>Kat.2</b>	<b>Pers.</b>	<b>GT</b>	<b>SV</b>	<b>LV</b>
<b>mit Beteiligung von Lkw</b>	<b>175</b>	34	141	<b>393</b>	<b>38</b>	<b>202</b>	153
<b>mit Beteiligung von Lkw &gt;7,5t</b>	<b>138</b>	28	110	<b>301</b>	<b>33</b>	<b>152</b>	116
<b>AEBS-Relevanz für Lkw &gt;7,5t</b>	<b>58</b>	14	44	<b>163</b>	<b>17</b>	<b>69</b>	77
<i>Relevanz-Anteil von &gt;7,5t-VU</i>	42%	50%	40%	54%	52%	45%	66%
<i>&gt;7,5t-Relev.Anteil von Lkw-VU</i>	33%	41%	31%	41%	45%	34%	50%

<b>AEBS-Potenzial relevanter VU</b>	<b>Pot.</b>	<b>EU2-AEBS</b>		<b>Opt.AEBS´15</b>		<b>AEBS´18+AW</b>	
Von rel. Kollisionen <b>vermeidbar</b>	<b>58</b>	14	24%	50	86%	58	100%
minderbar		41	71%	6	10%		
von Getöteten <b>vermeidbar</b>	<b>17</b>	6	35%	16	94%	17	100%
Schwerverletzten <b>vermeidbar</b>	<b>69</b>	55	80%	66	96%	69	100%
Leichtverletzten <b>vermeidbar</b>	<b>77</b>	26	34%	69	90%	77	100%

<b>Kat.1&amp;2-VU auf allen D-BAB</b>	<b>VU</b>	<b>Kat.1</b>	<b>Kat.2</b>	<b>Pers.</b>	<b>GT</b>	<b>SV</b>	<b>LV</b>
<b>mit Beteiligung von Lkw</b>	<b>1.707</b>	210	1.497	<b>3.333</b>	<b>232</b>	<b>2.053</b>	1.048
<i>&gt;7,5t-Relev.Anteil von Lkw-VU</i>	33%	41%	31%	41%	45%	34%	50%
<b>AEBS-Relevanz für Lkw &gt;7,5t</b>	<b>566</b>	86	467	<b>1.382</b>	<b>104</b>	<b>701</b>	527

<b>AEBS-Potenzial relevanter VU</b>	<b>Pot.</b>	<b>EU2-AEBS</b>		<b>Opt.AEBS´15</b>		<b>AEBS´18+AW</b>	
Von rel. Kollisionen <b>vermeidbar</b>	<b>566</b>	137	24%	488	86%	566	100%
minderbar		400	71%	59	10%		
von Getöteten <b>vermeidbar</b>	<b>104</b>	37	35%	98	94%	104	100%
Schwerverletzten <b>vermeidbar</b>	<b>701</b>	559	80%	671	96%	701	100%
Leichtverletzten <b>vermeidbar</b>	<b>527</b>	178	34%	473	90%	527	100%

Wiederum daraus sind mit den Prozentsätzen der „niedersächsischen Vermeidungspotenziale“ absolute Werte errechnet für die AEBS-Vermeidungspotenziale auf allen deutschen Autobahnen. Bei dieser Hochrechnung werden also etwa gleiche Verteilung der Fahrzeugarten und Beteiligung von ausländischen Güter-Kfz sowie etwa gleiche Verkehrs- und Unfallverhältnisse auf den deutschen entsprechend denen auf niedersächsischen Autobahnen unterstellt.

Die hier angezogene Sonderauswertung [23] des Statistischen Bundesamtes zeigt die entsprechenden Unfallzahlen auch nach Bundesländern, sodass damit und mit den Ergebnissen der Niedersächsischen Analyse die AEBS-Relevanz und die -Unfallvermeidungspotenziale auch für die anderen Bundesländer abgeschätzt werden können. Dies ist dann auch möglich für Unfälle ohne bzw. untergeordnete Beteiligung von im Ausland zugelassenen Fahrzeugen.

Die in Tabellen A4, A5 sowie A7 für die unterschiedlichen AEBS-Typen ermittelten Potenzial-Werte gelten jeweils für eine fiktive Vollausstattung aller betroffenen Fahrzeuge mit dem jeweiligen Typ. Tatsächlich werden die im Fernverkehr eingesetzten Güterkraftfahrzeuge, vorwiegend Sattelkraftfahrzeuge, in der Regel nach etwa vier Jahren erneuert. Dementsprechend kann diese Fahrzeugflotte in 2020 nahezu voll mit AEBS ausgestattet sein. Dabei wird die Europäische Lkw-Flotte gemäß den Marktanteilen der Hersteller und der von diesen eingesetzten AEBS-Arten mit einem Mix von „EU2-AEBS“ und anderen leistungsfähigeren oder optimalen AEBS ausgestattet sein. Diesem Mix entsprechend wird das reale Vermeidungspotenzial etwa im Mittel der „EU2-AEBS“- und „Opt.AEBS‘15“-Werte liegen und mit einem Abschlag von fünf bis zehn Prozent für System-Deaktivierungen oder ungünstige Übersteuerungen zu versehen sein. Demnach kann mit den aktuell in Europäischen Lkw eingesetzten Notbrems-Assistenzsystemen bezogen auf die in Tab. 7A angegebenen 566 AEBS-relevanten Kat.1&2-Unfälle mit Lkw-Beteiligung >7,5 t auf deutschen Autobahnen eine in den nächsten Jahren zunehmende Reduzierung um bis etwa 300 solcher Verkehrsunfälle und dabei etwa 65 Getötete, 600 Schwerverletzte und 300 Leichtverletzte erwartet werden.

Werden die nächsten Jahre zur Weiterentwicklung der Notbrems-Assistenzsysteme gemäß den im Hauptteil beschriebenen Empfehlungen genutzt, können ab etwa 2018 neu zugelassene Güterkraftfahrzeuge mit optimalem AEBS ausgestattet sein. Bei Vollausstattung mit solchen AEBS, d.h. verbesserter Zielidentifikation, dadurch geringerem Abschalt- und Übersteuerungsbedarf, Adaption an unterschiedliche Witterungsbedingungen und mit zusätzlicher Abstandswarnung sind dann deutlich mehr, nämlich etwa 530 entsprechende Verkehrsunfälle mit etwa 100 GT, 675 SV und mehr als 500 LV vermeidbar.

Für eine Gesamtbewertung des Nutzens optimaler AEBS-Ausstattungen wäre über diese Betrachtungen hinaus die Vermeidbarkeit von Unfällen auf Autobahnen mit nur Leichtverletzten und generell die von Sachschäden und volkswirtschaftlichen Unfallfolgen auf Autobahnen und anderen Ortslagen zu berücksichtigen.