

Unfallrekonstruktion

Bedeutung des Bremsassistenten für die Unfallrekonstruktion

von Dipl.-Ing. Max Spittel, Münster*

Die Schwere eines Unfalls nimmt mit der Geschwindigkeit der Fahrzeuge zu. Unfälle werden vermieden bzw. ihre Schwere wird vermindert, wenn nach dem Eintritt einer Gefahrensituation die Bewegungsenergie durch Bremsen auf Null reduziert oder möglichst stark vermindert wurde. Die Statistik besagt, dass das Bremsen zum Abbau der Bewegungsenergie häufig unterbleibt, nicht schnellstmöglich oder nicht mit der maximal möglichen Wirkung erfolgt.¹⁻⁴ Da die beste Bremse nichts nützt, wenn der Fahrer ihr Potenzial nicht richtig ausschöpft, beschäftigt sich die Automobilindustrie sowie deren Zulieferer seit einiger Zeit mit der Entwicklung sog. Fahrerassistenzsysteme, kurz FAS, die dieses Problem lösen sollen. In der Vergangenheit wurden dazu verschiedene FAS bis zur Serienreife entwickelt, u.a. der Bremsassistent, mit dem sich dieser Artikel näher beschäftigt.

Der Bremsassistent soll Bremsmanöver erkennen, die während einer Gefahrensituation eingeleitet werden, Ansprech- und Schwellzeiten minimieren und den notwendigen Bremsdruck für eine Notbremsung bereitstellen.

Die Erkennung einer Gefahrensituation wird dabei über eine Reihe von Parametern erreicht. Eine **wichtige Rolle** spielt die **aktuelle Geschwindigkeit**, aber auch die Zeitdifferenz vom letzten Gasimpuls zum Bremsimpuls und die Geschwindigkeit, mit der das Bremspedal betätigt wird, fließen ein. Die exakte Umsetzung sowie die Schwellwerte unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller. Dasselbe gilt für die Namen der Systeme. Im Folgenden sind einige Beispiele namhafter Hersteller aufgelistet.

Audi:	Audi Braking Guard
BMW:	intelligent brake (iBrake)
Daimler AG:	Pre-Safe-Bremse
Ford Motor Company:	Active City Stop
Robert Bosch GmbH:	Predictive Safety System (PSS)
Volvo:	City Safety

Ein Teil der v.g. Systeme können bereits ohne Eingriff des Fahrers eine Notbremsung durchführen. Auf diese Weise soll Energie abgebaut und somit die Folgen der Kollision vermindert werden. Eine Untersuchung mit 70 Probanden zeigte, dass sich durch das Pre-Safe-Bremse System von der Daimler AG eine **Reduzierung der Aufprallgeschwindigkeit** von 45 km/h auf 35 km/h erreichen ließ.⁵ Einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zufolge können 70 % aller schweren Unfälle durch FAS potenziell und ca. 30 % durch aktiv eingreifende FAS vermieden werden.⁶ Mercedes-Benz führte zu diesem Thema ebenfalls eine Untersuchung durch. Die Wirkung des Abstandsregel-Tempomaten (DISTRONIC PLUS) und des Bremsassistenten PLUS wurde anhand von Unfalldaten der amtlichen Unfallstatistik sowie von rd. 16.000 Verkehrsunfällen der GIDAS Datenbank mit folgendem Ergebnis analysiert. Wenn alle Personenwagen mit diesem System ausgestattet wären, könnten allein in Deutschland durchschnittlich 20 % aller Auffahrunfälle verhindert werden. Bei weiteren 25 % der Kollisionen könnten die Systeme

* Der Autor ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.

zu einer deutlichen Verringerung der Unfallschwere beitragen.

Da in aktuellen Fahrzeugmodellen, vor allem in Modellen der oberen Mittelklasse sowie der Oberklasse, verstärkt FAS verbaut werden, ist im Folgenden der Einfluss solcher Systeme, im Speziellen der Einfluss des Bremsassistenten, auf die Unfallrekonstruktion zu diskutieren.

Hierzu wird zunächst die Funktionsweise der Bremsassistenten erläutert, wobei sie sich in **zwei Kategorien** einteilen lassen zum einen die mechanisch-pneumatischen und zum anderen die hydraulischen Bremsassistenten.

Der **mechanisch-pneumatische Bremsassistent** funktioniert über einen Wegsensor, realisiert mit einem Potentiometer, der die Pedalbewegung sowie die Membranbewegung des Bremskraftverstärkers erfasst. Die gemessene Widerstandsänderung wird an das Steuergerät gemeldet, das daraufhin einen Sollwert-Istwert-Datenvergleich durchführt. Wird vom System eine Notbremsung erkannt, steuert es einen Schaltmagneten an und die Arbeitskammer des pneumatisch-mechanischen Bremskraftverstärkers wird belüftet. Infolgedessen wirkt die volle Verstärkungskraft. Das System führt eine Vollbremsung durch, wobei zusätzliche Systeme wie das ABS ein Blockieren der Räder verhindern. Die Beendigung der Bremskraftverstärkung erfolgt erst nach vollständigem Lösen des Bremspedals. Dies kann zu Überraschungssituationen führen, insbesondere wenn sich die Situation entschärft und der Fahrer meint, er könne in der Folge weniger stark bremsen. Das Fahrzeug führt aber weiterhin eine Vollbremsung durch, auch wenn die das Bremspedal belastende Fußkraft stark verringert wird. Erst nach vollständiger Zurücknahme des Fußes vom Bremspedal endet die Vollbremsung. Die folgende Grafik gibt schematisch die Auslöseschwellen eines mechanisch-pneumatischen Bremsassistenten wieder.

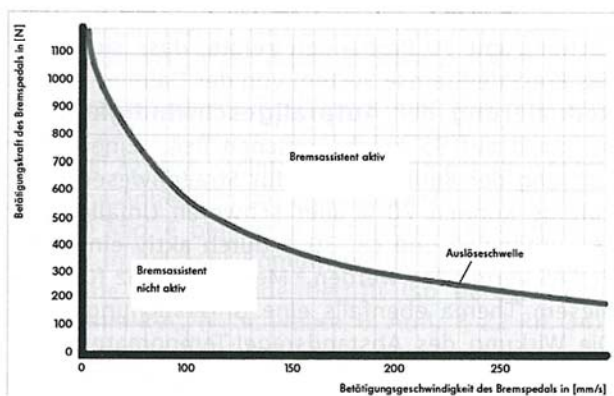


Abb. 1: Auslöseschwelle eines mechanisch-pneumatischen Bremsassistenten⁷

Der **hydraulische Bremsassistent** erhöht bei schneller Betätigung des Bremspedals ebenfalls aktiv den Hauptbremszylinderdruck, auch über die Fahrervorgabe hinaus, auf bis zu 200 bar und führt dadurch zur weiteren Bremswegverkürzung. Die dafür notwendigen

Signale liefern die Raddrehzahlfühler, der Bremslichtschalter sowie zwei Drucksensoren in der Hydraulikeinheit, die bereits für das Electronic Stability Program (ESP) benötigt werden.⁸ Der Membranweg-Sensor und das Magnetventil im Bremskraftverstärker sind deshalb nicht mehr erforderlich. Der Vorteil des hydraulischen Bremsassistenten liegt demnach in der Gewichtsreduktion, da er sich ohne zusätzliche Komponenten bei Fahrzeugen, die mit dem Elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP) ausgestattet sind, umsetzen lässt.

In modernen Systemen werden zur besseren Analyse folgende Parameter ausgewertet:

- das Signal des Bremslichtschalters (Betätigung der Bremse),
- die Signale der Drehzahlfühler (Geschwindigkeit),
- das Signal des Gebers für Bremsdruck,
 - Geschwindigkeit und Kraft der Betätigung,
 - Änderung des aktuellen Bremsdrucks im Hauptbremszylinder in einem bestimmten Zeitraum (Druckaufbau-Gradient und
- Zeitdifferenz zwischen dem letzten Gasimpuls und der Bremsbetätigung).

Aber auch ein plötzliches Lupfen des Gaspedals kann das System zum präventiven Bremsdruckaufbau veranlassen. Weitere Sicherheit beim Erkennen von Gefahrensituationen kann über die Vernetzung mit Abstandregelsystemen realisiert werden.

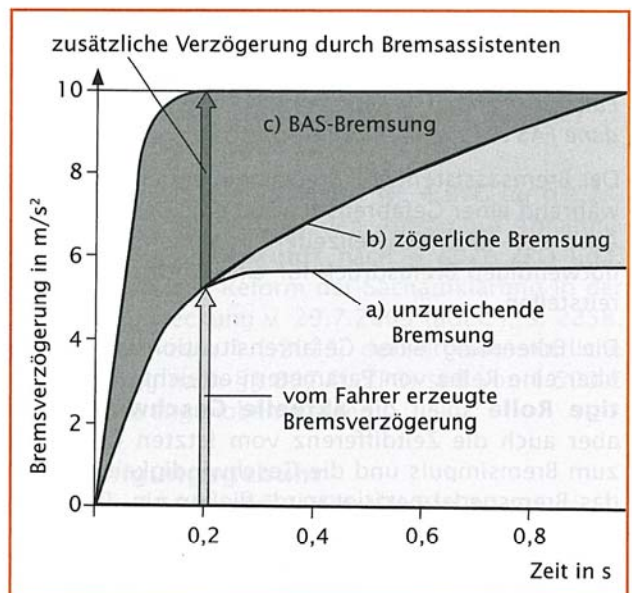


Abb. 2: Diagramm Bremsassistent⁹

Die Abb. 2 verdeutlicht das Potenzial des Bremsassistenten. Wird eine Gefahrenbremsung erkannt, steuert das System unverzüglich den notwendigen maximalen Bremsdruck ein, um eine Notbremsung durchzuführen. Die Vorteile liegen im schnelleren Aufbau und maximalen Ausschöpfen der möglichen Bremsverzögerung, was zu einem größeren Geschwindigkeitsabbau führt.

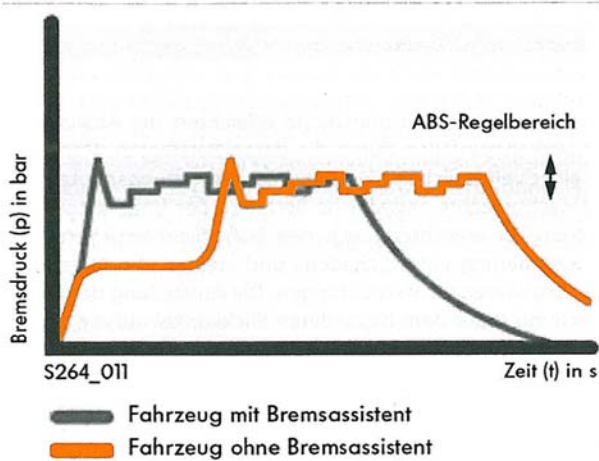


Abb. 3: Bremsdruck über Zeit⁷

Abb. 3 illustriert das Zusammenspiel von Bremsassistent und ABS. Die beiden dargestellten Szenarien verdeutlichen den Unterschied. Das von ungeübten Fahrern verschenkte Bremspotenzial einer Teilbremsung wird vom System automatisch ausgeglichen.

Die Bedeutung für die Unfallrekonstruktion besteht demnach im schnelleren Aufbau der wirksamen Bremsleistung sowie in einer Erhöhung der Bremsverzögerung bei Teilbremsungen.

Bei der Analyse von Verkehrsunfällen, bei denen mit Bremsassistent ausgerüstete Fahrzeuge beteiligt sind, kann demnach von einer deutlich höheren wirksamen Verzögerung ausgegangen werden. Teilbremsungen während Gefahrensituationen sind nicht mehr zu diskutieren. Dasselbe gilt für Bremsschwellzeiten.

Da in der Praxis keine Informationen vorliegen, ob ein solches System geregelt hat oder nicht, müsste zur Verwertung mit letzter Sicherheit das Einschalten des Systems in einer Art Unfalldatenspeicher (UDS) festgehalten werden. Da dies in absehbarer Zukunft

eher unwahrscheinlich ist, verbleibt lediglich zur Kontrolle, ob das zu diskutierende Fahrzeug über solch ein System verfügt.

An dieser Stelle ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich auch die modernsten Systeme nicht über physikalische Gesetzmäßigkeiten hinwegsetzen können. Der Einfluss von Fahrbahnbeschaffenheit und Bereifung ist für eine Bremsung u.U. sehr viel wichtiger als die Berücksichtigung eines Bremsassistenten, wie das folgende Beispiel zeigt.

Wird ein Fahrzeug auf winterglatter Straße in einer Gefahrensituation mit theoretischen 4 m/s^2 teilgebremst, übersteigt diese Bremsverzögerung bereits u.U. die physikalisch mögliche Verzögerung. Somit hätte in diesem Szenario der Bremsassistent kaum eine Wirkung. Nur der schnellere Anstieg auf die ohnehin geringe Verzögerung verbleibt als Vorteil.

Wird dasselbe Szenario auf eine griffige Fahrbahn zu Sommerzeiten übertragen, eine mögliche Bremsverzögerung von 9 m/s^2 zugrunde gelegt, ist der Einfluss des Bremsassistenten enorm. Die wirksame Bremsverzögerung wird mehr als verdoppelt. Im Beispiel eines mit 70 km/h fahrenden Fahrzeugs könnte bei einem angenommenen Bremsweg von 20 m die Kollisionsgeschwindigkeit durch den Bremsassistenten von 53 km/h auf 25 km/h reduziert werden.

Fazit:

Die Prüfung, über welche Systeme ein Fahrzeug verfügt, kann wichtige Anknüpfungspunkte liefern. Das alleinige Vorhandensein der Systeme ist jedoch kein Garant für das tatsächliche Auslösen, dies muss von Fall zu Fall bewertet werden. Einen größeren Einfluss werden zukünftig Systeme einnehmen, die selbstständig, also ohne Fahrereinfluss, regeln. Bei solchen Systemen sind ggf. die zeitlichen Zusammenhänge wie Reaktions- und Signalpositionen zu diskutieren.

Literatur:

- 1 Destatis: [Unfallgeschehen 2006] VORNRAN, INGEBORG; Unfallgeschehen im Straßenverkehr 2006, Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2007
- 2 HOFFMANN, JENS: [Das Darmstädter Verfahren (EVITA) zum Testen und Bewerten von Frontalkollisionsgegenmaßnahmen] Dissertation, TU Darmstadt 2008
- 3 Statistik des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., 2001
- 4 LÜCKE, HANS-ULRICH / WAGNER, JOCHEN / WISS, HELMUT: Hydraulischer Bremsassistent. 101 (1999) Nr. 6, S. 470-475
- 5 BREUER, J.: [Fahrversuche mit Probanden] MÜCKE, S.: Bewertung von Sicherheitssystemen in Fahrversuchen, Darmstädter Kolloquium Mensch & Fahrzeug, Darmstadt, 2007
- 6 VOLLRATH, M.: [Anforderungen an FAS] BRIEST, S.; SCHIESSL, C.; DREWS, J.; BECKER, U.: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit (F60), 2006
- 7 VW, Selbststudienprogramm 264 [Der Bremsassistent, Konstruktion und Funktion] <http://maben.homeip.net/static/auto/vw/VW%20AUDI%20SSP/SSP%20264%20Der%20Bremsassistent.PDF>
- 8 REAUL, MARCUS-ANDRÉ: [Bremswegverkürzungspotential bei Informationsaustausch und Koordination zwischen semiaktiver Dämpfung und ABS] Dissertation, TU Darmstadt 2011
- 9 Kraftfahrzeugtechnik Gesamtband, Westermann, Schülerbuch, 7. Auflage 2009, ISBN: 978-3-14-231800-4