

Interpretation der Fahrzeugfehlerspeichereinträge nach Verkehrsunfällen

von Aart C.E. Spek, Karlon M. Hagendoorn, Arlette M.E. Alphenaar, Den Haag
und Wolfram Kalthoff, Ralf Bührmann, Joost Wolbers, Münster

Moderne Pkw-Onboard-Diagnosesysteme werden für die Störungssuche im normalen Fahrbetrieb entwickelt und getestet. Bei Unfällen können dagegen vom normalen Fahrbetrieb stark abweichende Situationen auftreten. Dessen ungeachtet finden sich beim Auslesen des Fehlerspeichers nach Unfällen oft relevante Informationen, wie z.B. Geschwindigkeitsangaben. Das Niederländische Forensische Institut (NFI) hat eine Untersuchung zur Zuverlässigkeit der Fehlerspeichereinträge bei Unfällen durchgeführt. Dieser Artikel gibt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

I. Einleitung

Ein Großteil der heutigen Fahrzeuge ist mit einer Vielzahl digitaler Steuergeräte ausgerüstet. Diese Geräte überwachen nahezu kontinuierlich die eigenen Funktionen und den Zustand der „Umgebung“. Diese Umgebung besteht aus angeschlossenen Sensoren und Aktuatoren, aber auch aus anderen an das Bordnetzwerk angeschlossenen Steuergeräten. Bei gravierenden Abweichungen von den Sollwerten unternimmt das Steuergerät einprogrammierte Aktionen, wie das Warnen des Fahrers und das Sicherstellen der grundlegenden Fahrzeugfunktionen (Notlauf). Gewöhnlich wird hierbei eine Meldung in den Fehlerspeicher eingetragen, die aus einem Fehlercode besteht, die die Art des Fehlers angibt sowie eine Vielzahl von Umgebungsbedingungen bei Auftreten des Fehlers enthält.

Bei einem Unfall befindet sich ein Fahrzeug in einem Zustand, der stark vom normalen Fahrzustand abweicht. Beim Auslesen des Fehlerspeichers nach einem schweren Unfall wird dann auch oft eine Vielzahl von Störungsmeldungen vorgefunden. Verschiedene Autoren haben über die Nutzbarkeit dieser Störungsmeldungen für die Verkehrsunfallrekonstruktion geschrieben (ROSENBLUT 2001, KALTHOFF 2006, WEBER 2007, BURG 2008). WEBER und KALTHOFF weisen auf die Abhängigkeit des Unfallrekonstruktors von den Fahrzeugherstellern und deren Zulieferern hin. Allein der Fahrzeughersteller und der Hersteller der Regelungseinheit kennen die gespeicherten Informationen und können angeben, wie diese Informationen ausgelesen werden können. KALTHOFF weist außerdem darauf hin, dass spezifische Umstände des Unfalls Einfluss haben können auf die gespeicherten Messwerte. Ein dies betreffendes Beispiel ist „Beispiel 1“ in dem Artikel von BURG. Hierbei geht es um eine Geschwindigkeit von 50 km/h, ausgelesen aus der MK20-Regelungseinheit (Stabilitätskontrolle) eines BMW. Als der Fehler entstanden sein soll, bewegte sich der BMW unter einem beträchtlichen Schiefstand (Gierwinkel). Dies ist ein Zustand, bei dem die Relation zwischen der gemessenen Raddrehgeschwindigkeit und der Fahrgeschwindigkeit verstimmt ist. Es ist nicht wahrscheinlich, dass unter diesen Umständen eine verlässliche Geschwindigkeit registriert wird.

II. Ziel der Untersuchung

Das **primäre Ziel** unserer Untersuchung ist es, einen Einblick in die Genauigkeit zu bekommen, mit der das Fehlersystem Geschwindigkeiten registriert. Ferner wollten wir mehr wissen über das Verhalten der Fehlerspeicherung in Unfallsituationen. Eine derartige Untersuchung kann aufgrund der großen Unterschiedlichkeit der Systeme nicht vollständig sein. Ferner ist schwer zu definieren, welche genauen Situationen bei Verkehrsunfällen vorliegen können. Wir haben uns auf eine kleine Anzahl von Automodellen beschränkt und haben uns hierbei auf die ABS-Regelungseinheit und die daran angeschlossenen Raddrehzahlsensoren konzentriert. Hierbei betrachteten wir die Geschwindigkeitserfassung eines Fahrzeugs an ihrer ursprünglichen Messstelle. Es ist vorstellbar, dass eine Störung gerade in diesem Bereich zu unrichtigen Geschwindigkeitsmessungen führen kann.

Eine spezifische Unfallsituation ist eine plötzliche Veränderung der Drehgeschwindigkeit eines Rades, weil es eingeklemmt wird oder Kontakt mit dem Kollisionspartner hat. Dieser Umstand gleicht der „normalen“ Fahrsituation, dass ein Rad bei einer Bremsung blockiert. Möglicherweise erkennt hierbei die ABS-Regelungseinheit, dass die Radgeschwindigkeit extrem schnell abnimmt oder dass das Lösen der Bremse das Rad nicht mehr zum Rotieren bringt. Im ersten Fall kann dies sofort festgestellt werden, im zweiten Fall ist für das Erkennen mehr Zeit notwendig.

Weiterhin ist bei einem Unfall vorstellbar, dass mehrere Geschwindigkeitssensoren gleichzeitig oder nacheinander ausfallen. Es erfordert eine sichere „Intelligenz“, um bei der Geschwindigkeitsmessung allein von (noch) verlässlichen Sensoren auszugehen. Hierbei stellt sich die Frage, ob eine solche Intelligenz einprogrammiert ist, da der Ausfall von mehreren Sensoren eine seltene Extremsituation darstellt.

Einer Kollision geht oft eine Bremsung voraus. In diesem Fall ist eine exakte Geschwindigkeitswahrnehmung schwer vorstellbar. Im Rahmen einer Bremsung tritt Radschlupf auf, wodurch die Drehgeschwindigkeit der Räder per Definition niedriger als beim freien Rollen ist. Im Prinzip ist es möglich, dass dies teilwei-

se kompensiert wird, da die Regeleinheit schließlich immer aufgrund eines geschätzten Wertes des Radschlupfs regelt. Die Bedeutung von diesem „Feintuning“ für die Störungsdiagnose scheint nicht groß, sodass es fraglich ist, ob dies überhaupt konzeptionell berücksichtigt wird.

Bei Bremsungen ist die registrierte Geschwindigkeit außerdem abhängig von dem Moment der Messung oder der Zeitdauer der Mittelwertbildung. Wenn bspw. ein Mal pro Sekunde eine gemittelte Geschwindigkeit berechnet wird (über die vorangegangene Sekunde), dann gilt für das System die gesamte nachfolgende Sekunde lang diese (gemittelte) Geschwindigkeit. Erst nach einer weiteren Sekunde wird wiederum ein Mittelwert gebildet und damit – eine kontinuierliche Verzögerung bzw. Bremsung vorausgesetzt – eine geringere Geschwindigkeit festgehalten. Wenn kurz vorher ein Fehler eintritt, dann kann die im Steuergerät abgelegte Geschwindigkeit bei einer Vollbremsung maximal etwa 50 km/h höher sein als die reale Fahrzeuggeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Fehlers. Es handelt sich dann zwar um eine Geschwindigkeit, die tatsächlich gefahren wurde, aber diese Geschwindigkeit ist in keinem Fall als „Kollisionsgeschwindigkeit“ anzusehen. Andererseits kann auch eine zu niedrige Geschwindigkeit registriert werden, wenn die Regeleinheit nach Auftreten des Fehlers die Messprozedur startet.

Unsere Untersuchung war auf **folgende Fragen** gerichtet:

- Ist die Geschwindigkeitsmessung noch genau, wenn einer oder mehrere Sensoren ausfallen?
- Wird das plötzliche Zumstillstandkommen eines Rades als Störung wahrgenommen?
- Welchen Einfluss hat eine Bremsung auf die registrierte Geschwindigkeit?
- Bleibt nach Ausfall eines Sensors die ABS-Wirkung für die übrigen Räder erhalten?

III. Versuchsaufbau

Die **untersuchten Automodelle** waren BMW (E46) 318ti Compact (Modelljahr 2003), BMW (E63) M6 Coupé (a.a.O. Der BMW (E63) M6 wurde aufgrund eines aktuellen Falles der Untersuchung hinzugefügt.) (Modelljahr 2005) und der Volvo V70 2.4 (Modelljahr 2001). Die BMW waren mit einer MK60-ABS-Regeleinheit von Teves ausgerüstet, die Volvos mit einem Bosch-System.

Für die Untersuchung wurden Schaltrelais zwischen der ABS-Regeleinheit und den Radsensoren angebracht (s. Abb. 1). Hierdurch konnten während der Fahrt Störungen eingeleitet werden. Dies erfolgte bei Testfahrten mit konstanter Geschwindigkeit (verschiedene Testgeschwindigkeiten zwischen 30 und 120 km/h). Nach jeder Fahrt wurde der Fehlerspeicher mithilfe von markenspezifischen Händlergeräten ausgelesen (BMW DIS und Volvo VIDA) und mit den wirklichen Versuchsumständen verglichen. Bei diesen Versuchen wurde die reale Geschwindigkeit

mit einem GPS-Gerät gemessen, das durch eine kalibrierte Lichtschranke geprüft war.



Abb. 1 Manipulierte Sensorleitungen zur Einleitung der Fehler

Daneben wurden Versuche durchgeführt, bei denen Störungen während einer ABS-Bremsung eingeleitet wurden. Nur bei dem BMW E63 wurde die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt der Fehlereinleitung exakt gemessen. Dafür wurde eine Geschwindigkeitsmessung (Lichtschranke) in Kombination mit einer weiteren Lichtschranke benutzt, die mittels eines Radiosignals direkt einen Schalter in dem Fahrzeug auslöste. Auf Kommando des Radiosignals wurde der Sensor vom linken Vorderrad abgeschaltet und zu einem losen Sensor umgeschaltet.

Mit einem BMW E46 und einem Volvo wurden auch Bremsungen durchgeführt, bei denen der Bremszylinder von einem Vorderrad von der ABS-Hydraulikeinheit abgekoppelt und direkt an den Hauptbremszylinder angeschlossen war. Dadurch blockierte trotz ABS-Eingriff das Vorderrad bei der Vollbremsung. Hierbei sollte untersucht werden, ob das ABS-System dies als Fehlermeldung registriert.

Von dem BMW E46 und dem Volvo waren jeweils drei Fahrzeuge vorhanden, die schließlich an drei Kollisionsversuchen teilnahmen. Diese wurden im Auftrag des Niederländischen Forensischen Instituts (NFI) durch die Firma crashtest-service.com (CTS) ausgeführt. Bei den Versuchen handelte es sich um nahezu rechtwinklige Anstöße (100°), bei denen ein BMW mit partieller Überdeckung mit der linken Front eines von rechts kommenden Volvo kollidierte. Die Autos waren so präpariert, dass die Verkabelung zu jeweils einem der Radgeschwindigkeitssensoren durch die bei der Kollision auftretende Längsverzögerung unterbrochen wurde (s. Abb. 2). Bei dem BMW betraf dies den Sensor des linken Vorderrades, bei dem Volvo den des rechten Vorderrades. Dabei ist bei dem BMW der Fehlercode (DSC) 5D90 zu erwarten, bei dem Volvo der Fehlercode (BCM) 0020.



Abb. 2 Beschleunigungsschalter für kollisionsbedingte Trennung der Sensorleitung

Bei einem Crashversuch (CTS-Datenbanknr. 15164) wurden beide Autos kurz vor der Kollision durch einen Luftdruckzylinder gebremst. Dabei war ein Radbremszylinder von der ABS-Hydraulikeinheit abgekoppelt und direkt an den Hauptbremszylinder angeschlossen. Bei dem BMW war dies das rechte Vorderrad und bei dem Volvo das linke Vorderrad. Dies wurde durchgeführt, um ein Einklemmen des Rades zu simulieren, ein bei Unfällen oft vorkommender Umstand. Bei den übrigen Versuchen waren die Fahrzeuge nicht gebremst.

IV. Ergebnisse

1. Auftretende Fehlermeldungen

Die Unterbrechung der Sensorverdrahtung generierte einen für jedes Rad gesonderten, spezifischen Störungscode. Diese Codes sind aufgeführt in der nebenstehenden Tabelle 1. Bei den BMW E46 ging die Unterbrechung stets mit einem Fehler des Automatikgetriebes einher (Fehlercode 95EGS). Bei den Volvos wurden bisweilen mehrere Fehlercodes registriert. Sowohl im Stillstand als auch fahrend resultierte aus dieser Störung nahezu unmittelbar ein Aufleuchten der gelben ABS-Warnlampe.

Bei den BMW wurde neben der Unterbrechung der Sensorverdrahtung auch eine Umleitung der Verdrahtung installiert. Dabei wurde die Verbindung mit dem Radsensor unterbrochen und gleichzeitig eine Verbindung zwischen der Regeleinheit und einem „leeren“ Sensor, der nicht an einem Zahnkranz montiert war, hergestellt. Hierdurch wurde ein plötzliches Zumstillstandkommen des Rads simuliert. Bei stillstehendem Fahrzeug resultierte hieraus kein Aufleuchten der ABS-Warnlampe und kein Eintrag im Fehlerspeicher, wohingegen bei fahrendem Fahrzeug die ABS-Warnlampe sofort aufleuchtete und (abweichende) Fehlermeldungen registriert wurden (s. Tabelle 1). Das Aufleuchten der ABS-Warnlampe war bei Bremsungen meistens, aber nicht immer zeitverzögert. Möglicherweise ist dies eine Folge der benötigten CAN-Bus-Kommunikation.

Weiterhin konnten durch falsche Montage des Radsensors noch einige andere Fehlercodes erzeugt werden (s. Tabelle 1). Die Manipulation wurde bei stehendem Fahrzeug durchgeführt und führte erst nach einiger Fahrzeit zu einer Fehlermeldung. Es ist vor-

stellbar, dass ein Stoß auf das Rad zu derartigen Fehlermeldungen führen kann. Sinnvolle Versuche konnten hierbei jedoch nicht durchgeführt werden, da keine Möglichkeit bestand, diese Fehler während der Fahrt einzubringen.

Das anhaltende Blockieren eines Rades trotz ABS-Regelung führte weder bei dem BMW noch bei dem Volvo zu einem Aufleuchten der ABS-Warnlampe und produzierte keinen Eintrag im Fehlerspeicher.

	v.l.	v.r.	h.l.	h.r.
BMW E46 & E63 – Unterbrechung	5D90	5DA0	5DB0	5DC0
BMW E46 & E63 – Umleitung	5D91	5DA1	5DB1	5DC1
BMW E46 & E63 – falsche Montage	5D92 5D93	5DA2 5DA3		
Volvo – Unterbrechung	0010	0020 0021*	0030 0031* 0032*	0040

*vereinzelt und dann in Kombination mit 00x0.

Tabelle 1 festgestellte Fehlercodes

Das Ausschalten mehrerer Sensoren führte meistens auch zu einer Registrierung von ebenso vielen Störungs-codes. Bei den Volvos wurde gelegentlich das Ausschalten eines dritten Sensors nicht registriert. Die Reihenfolge des Auftretens der Störungen war nicht einfach durch Auslesen herauszufinden. Der Volvo-Diagnoseapparat VIDA zeigte einen Zeitwert, aus dem die Reihenfolge des Auftretens der Störungen abgeleitet werden kann. Wir haben die Werte jedoch nicht eindeutig interpretieren können und vermuten, dass die Auflösung nicht ausreichend hoch ist, um Ereignisse während einer Kollision bzgl. der Zeit unterscheiden zu können. Für das BMW DIS gilt, dass die durch uns eingebrachten Störungen auf einem spezifischen Display in der Reihenfolge des Auftretens gezeigt wurden („Diagnose-Steuergerätefunktion“). Für die Unfallanalyse ist es hierbei von Bedeutung, dass nach Einschalten der Zündung die noch immer anwesenden („aktiven“) Störungen in einer scheinbar willkürlichen Reihenfolge an das Ende der Liste gesetzt werden. Es kann daher nur etwas über die Reihenfolge der „einmaligen“, nicht mehr aktiven Fehler gesagt werden.

Bei den Versuchen fiel die Geschwindigkeitsanzeige im Cockpit der BMWs E46 nach Trennung des linken Hinterradsensors aus, während die aktive Auslesemöglichkeit via EOBD/SID1 nach Abkoppeln des rechten Hinterradsensors misslang. Bei den Volvos fiel sowohl die Geschwindigkeitsanzeige im Cockpit als auch die Auslesemöglichkeit via EOBD/SID1 aus, sobald zwei Radsensoren von einer einzigen Achse abgeschaltet waren.

2. Genauigkeit der ausgelesenen Geschwindigkeit

Wenn eine einzelne Unterbrechung oder Umleitung während der Fahrt bei einer konstanten Geschwin-

digkeit eingebracht wurde, dann wurde in den Freeze Frames immer eine korrekte Geschwindigkeit festgehalten. Der Unterschied zu der tatsächlichen Geschwindigkeit war niemals mehr als einige km/h.

Als bereits ein Sensor ausgeschaltet war, lieferte das Ausschalten des folgenden Sensors bei den BMW noch eine (nahezu) korrekte Registrierung. Bei den Volvos wurden unter diesen Umständen zu niedrige bis viel zu niedrige Geschwindigkeiten gespeichert. Bei dem Ausschalten eines dritten Radsensors oder Ausschalten von drei Radsensoren gleichzeitig wurden auch bei den BMW deutlich zu geringe Geschwindigkeiten festgehalten.

Die bei Vollbremsungen registrierte Geschwindigkeit betrug gemittelt 89 % von der realen Geschwindigkeit, mit Abweichungen nach 84 % und 92 % (nur BMW E63). Dieser Unterschied entspricht größenordnungsmäßig dem bei ABS-Bremsungen auftretenden Reifenschlupf.

3. Bremszustand

Bei den BMW E46 und den Volvos zeigte das Diagnosegerät bei Störungen u.a. den Bremslichtstatus (bedient/nicht bedient), den Bremsdruck (erkannt/nicht erkannt) und die ABS-Regelung (aktiv/nicht aktiv). Bei dem BMW E63 wird diese Information durch das BMW-DIS-System nicht angezeigt, aber laut Angaben des niederländischen BMW-Importeurs wissen wir, dass diese Messwerte durch einen Händler ausgelesen und auf Importeurniveau ausgewertet werden können. In einigen Fällen und stets bei Geschwindigkeiten unter 30 km/h wurde registriert, dass die ABS-Regelung aktiv war. Wir vermuten, dass das Regelsystem in diesen Fällen mit dem Selbsttest beschäftigt war. In den übrigen Fällen entsprachen die Werte bei den Fahrversuchen stets dem Versuchsaufbau.

4. Kilometerstände

Die bei den Fehlermeldungen festgehaltenen Kilometerstände sind nicht notwendigerweise genau. Bei den BMW E46 wurde der abgespeicherte Kilometerstand auf 10er-Kilometer nach unten abgerundet, bei dem BMW E63 auf 8er-Kilometer. Ein mögliche Erklärung ist, dass alle 10 bzw. 8 km vom Zentralrechner (Cockpit) der aktuelle Kilometerstand an die anderen, ans Fahrzeugnetz angeschlossenen Systemkomponenten weitergegeben wird. Damit beträgt die maximal mögliche Toleranz 10 bzw. 8 km. Für die Volvos wurden die registrierten Kilometerstände nicht notiert.

5. Funktion des Bremssystems nach der Störung

Wenn nach der Einführung eines Fehlers eine Bremsung eingeleitet wurde, dann gab es keine ABS-Wirkung mehr. Die Fahrzeuge blieben allerdings stabil. Aufgrund dessen ist anzunehmen, dass die elektronische Bremskraftverteilung – eine Funktion der ABS-Regелеinheit – aktiv bleibt. Nach Wiederherstellung der Verkabelung ging bei den Volvos die ABS-Warnlampe aus und es gab wieder eine ABS-Wirkung. Bei den BMW kam es zu keiner ABS-Wirkung, bis der Fehlerspeicher gelöscht wurde.

Die Einleitung einer Sensorstörung während einer Vollbremsung verursachte bei allen Fahrzeugen ein nahezu zeitgleiches Blockieren des betreffenden Vorderrads, während die Regelung der übrigen Räder aktiv blieb. Wenn anschließend die ABS-Regelung nicht mehr aktiv war (aufgrund des Endes der Bremsung oder Verringerung der Bremskraft), dann blockierten bei einem erneuten Bremsbeginn beide Vorderräder.

6. Crashtests



Abb. 3 (a – c) Versuch 15164



Abb. 4 (a – c) Versuch 15165



Abb. 5 (a – c) Versuch 15166

Die Ausleseresultate sind in der Tabelle 2 wiedergegeben. Die Versuchsnummern verweisen auf die Datenbank www.crashtestservice.com, die unter dieser Nummer spezifische Informationen über die Versuche enthält.

Versuchsnr., Fahrzeug	Geschwindigkeit in km/h	Ausgelesene Fehlercodes mit Randbedingungen
15164 BMW	73	5E24; Drucksensor; 0 km/h 5D90; Raddrehzahlfühler links vorne; 0 km/h
15164 Volvo	22	0020; Radsensor rechts vorne fehlerhaftes Signal; 0 km/h
15165 BMW	55	5E38; Drehratensensor; 55 km/h 5D90; Raddrehzahlfühler links vorne; 52 km/h
15165 Volvo	52	0020; Radsensor rechts vorne fehlerhaftes Signal; 46 km/h 0092; Gierratensensor fehlerhaftes Signal; 46 km/h
15166 BMW	112	5DA1; Raddrehzahlfühler rechts vorne Extrapolation; 105 km/h 5D90; Raddrehzahlfühler links vorne; 105 km/h
15166 Volvo	18	0020; Radsensor, rechts vorn Signal fehlt; 8 km/h

Tabelle 2 Ergebnisse der Crashtests

In allen Fällen traten die erwarteten Störungen auf: 5D90 bei dem BMW und 0020 bei dem Volvo. Bei den Versuchen 15165 und 15166 wurden hauptsächlich richtige Geschwindigkeitswerte festgestellt. Diese waren nahe der Kollisionsgeschwindigkeit oder etwas niedriger. Allein bei Versuch 15166 gab der Volvo eine viel zu kleine Geschwindigkeit an (8 km/h anstelle von 18 km/h). Die Ursache könnte darin liegen, dass die für das Provozieren des Fehlers benötigte Verzögerung später in der Kollisionsphase auftrat. Als der Fehlereintrag schließlich stattfand, war somit das Fahrzeug kollisionsbedingt bereits verzögert, sodass zu diesem Zeitpunkt folglich seine Geschwindigkeit unterhalb der ursprünglichen Kollisionsgeschwindigkeit lag.

Auffallend ist, dass bei Versuch 15164 stets eine Geschwindigkeit von 0 km/h ausgelesen wurde. Für den BMW kann dieses Phänomen durch Versuche mit einem gleichen Fahrzeugmodell erklärt werden. Es zeigte sich, dass nach Einleitung eines „Schadens“ an dem Drucksensor (Fehler 5E24) bei diesem Fehlereintrag, aber auch bei allen späteren Fehlern ungeachtet der wirklichen Geschwindigkeit immer eine Geschwindigkeit von 0 km/h festgehalten wird. Möglicherweise handelt es sich hierbei um einen Programmfehler in der Regeleinheit. Vermutlich entstand der Fehler 5E24 durch die ungewohnt kräftige Brem-

sung durch den Luftdruckzylinder in Kombination mit dem Verschließen eines Ausgangs der ABS-Hydraulikeinheit. Dies war allerdings nicht reproduzierbar. Für den Volvo ist eine gespeicherte Geschwindigkeit von 0 km/h möglicherweise dem Blockieren des linken Vorderrades zuzuschreiben.

Bei dem Versuch 15164 waren die gespeicherten Bremszustände konform mit dem Versuchsaufbau. Bei Versuch 15165 wurden diese Resultate nicht notiert. Bei Versuch 15166 wurde für den BMW registriert, dass das Bremslicht bedient wurde, der Bremsdruck erkannt und die ABS-Regelung aktiv war und für den Volvo (auch) das Bremslicht bedient war. Auf Videobildern war zu sehen, dass die Bremslichter von beiden Fahrzeugen in dem Moment der Kollision auch tatsächlich aufleuchteten. Möglicherweise wurden die Bremsen durch die Massenträgheit des Hebels vom Luftdruckzylinder bedient, der aus Sicherheitsgründen als Notfallsystem auf dem Bremspedal montiert war.

V. Diskussion

Ein Bruch der Radsensorverkabelung kann zu einer Fehlerspeicherung führen. Dieser Umstand ist jedoch nur bei einem extremen Schaden oder bei dem Abbrechen der Radaufhängung vorstellbar. Eine plötzliche Abnahme der Geschwindigkeit eines Rades durch Einklemmen, Stoß gegen das Rad oder Beschädigung

des Reifens ist eher denkbar. In jedem Fall kann dies bei den getesteten BMW zu einer Fehlerspeicherung führen. Wenn dies während einer Vollbremsung stattfindet, dann ist von da an eine einzelne Blockierspur zu erwarten, auch ohne Einklemmung des Rades.

Wir haben dieses Phänomen übrigens auch bei einem wirklichen Unfall mit einem BMW festgestellt. Ein hartes Objekt beschädigte die Lauffläche des rechten Vorderreifens, war kräftig gegen das Felgenbett gestoßen



Abb. 6 (a – b) Schaden an Reifen und Felge eines BMW M6



Abb. 7 (a – b) Reifenspur



Abb. 8 Verunfallter BMW M6 nach Anprall gegen Baum am Ende der Reifenspur

Bei den getesteten Systemen erwies sich die Geschwindigkeitsmessung der Fahrzeuge im Prinzip als genau. Dies ist auch bei dem heutigen Stand der Technik zu erwarten. Unter besonderen Umständen bspw. bei einer Bremsung oder wenn schon Sensoren ausgefallen

und anschließend aus der Reifenwanne herausgetreten (s. Abb. 6). Auf der Straße war eine lange Blockierspur von dem einen Rad gezeichnet worden, woraus zu schließen war, dass der Reifen beim Spurzeichnen drucklos war (vgl. Abb. 7). Die Spur fing bei einer Häufung von Kratzspuren an. Beim Auslesen des Fehlerspeichers wurde der Fehlercode 5DA1 festgestellt. Ferner war eine Geschwindigkeit von 133 km/h und eine Bremsung mit ABS-Regelung gespeichert.

sind, kann dennoch eine (viel) zu geringe Geschwindigkeit oder selbst Stillstand registriert werden. Bei dem v.g. Fall wurde für den BMW M6 auf konventionelle Weise berechnet, dass seine Geschwindigkeit mindestens 150 km/h betrug. Der Unterschied zu der gespeicherten Geschwindigkeit von 133 km/h ist durch die Ergebnisse dieser Untersuchung zu erklären.

Bei unseren Versuchen ist es niemals aufgetreten, dass eine zu hohe Geschwindigkeit registriert wurde. Das ist jedoch keine Garantie dafür, dass die Registrierung von einer zu hohen Geschwindigkeit nicht vorkommen kann. Vielleicht kann z.B. durch Brand oder Feuchtigkeit kurzzeitig ein Sensorsignal entstehen, das von einer ABS-Regelung als (sehr) hohe Geschwindigkeit interpretiert wird.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden nur einige Aspekte von einzelnen Systemen unter bestimmten Umständen untersucht. Bei der Rekonstruktion von tatsächlichen Unfällen muss stets geprüft werden, ob besondere Umstände vorlagen, wodurch abweichende Geschwindigkeiten registriert worden sein können.

Versuche unter entsprechenden Umständen müssen anschließend zeigen, wie das System tatsächlich funktioniert. Es ist schließlich nicht zu erwarten, dass die Systemfabrikanten diese Umstände vorgesehen haben und das System darauf getestet haben. Das Auslesen der Fehlerspeicher kann nicht die „konventionelle“ Unfallrekonstruktion ersetzen, aber einen sinnvollen Beitrag dazu leisten. In dem Fall des BMW M6 wäre bspw. die konventionelle Berechnung schwierig gewesen, wenn nicht das Auslesen des Fehlerspeichers gezeigt hätte, dass das Fahrzeug gebremst war.

Speziell für das Feststellen von Unfalldaten entworfene spezifische EDR-Systeme („Event Data Recorder“) sind diesbezüglich brauchbarer und zuverlässiger, insbesondere wenn das System, wie die in den Vereinigten Staaten von Amerika genutzten EDR-Systeme, Werte aus dem Zeitraum vor dem Unfall festhalten soll.

Danksagung:

Wir danken STEPHEN HEEMINK, MARK VAN DEN BERK und JOOS SPÄTJENS, die als Praktikanten an diesem Projekt mitgearbeitet haben. Dieses Projekt wurde finanziert durch das Niederländische Forensische Institut (NFI).

Autoren:

Ir. AART C.E. SPEK leitet die Gruppe Verkehrsunfalluntersuchung am Niederländischen Forensischen Institut (Nederlands Forensisch Instituut, NFI) in Den Haag (NL).

Ing. KARLON M. HAGENDOORN ist Sachverständiger für Verkehrsunfälle am Niederländischen Forensischen Institut (Nederlands Forensisch Instituut, NFI) in Den Haag (NL).

Ing. ARLETTE M.E. ALPHENAAR ist Sachverständige für Verkehrsunfälle in der Ausbildung am Niederländischen Forensischen Institut (Nederlands Forensisch Instituut, NFI) in Den Haag (NL).

Dipl.-Ing. WOLFRAM KALTHOFF ist ö.b.u.v. Sachverständiger für Verkehrsunfälle bei Schimmelpfennig + Becke, Münster, sowie Geschäftsführer der crashtest-service.com GmbH, Münster.

Dipl.-Ing. RALF BÜHRMANN ist leitender Versuchsingenieur der crashtest-service.com GmbH, Münster.

Ing. Joost Wolbers ist Sachverständiger für Verkehrsunfälle bei Schimmelpfennig + Becke, Münster.