Welche unfallrelevanten Daten speichern die elektronischen Systeme moderner Fahrzeuge?

von Dipl.-Ing. Wolfram Kalthoff, Münster

Die technischen Anforderungen an moderne Pkw werden immer komplexer. Aktuelle Fahrzeuge müssen hohe Sicherheits- und Komfortstandards erfüllen sowie geringe Verbrauchswerte und Schadstoffemissionen aufzeigen. Dies ist ohne den Einsatz moderner Elektronik nicht mehr möglich. Komplizierte elektronische Systeme sind dabei heutzutage nicht mehr allein hochpreisigen Luxuslimousinen vorbehalten, sondern sind in allen Fahrzeugklassen bis im Kleinwagensegment anzutreffen.

I. Einleitung

Elektronik als Informationsquelle

Da die Fahrzeugsysteme zahlreiche Daten generieren, stellt sich die Frage, ob hierbei auch Daten enthalten sind, die für eine mögliche Unfallanalyse relevant sein könnten (KALTHOFF, in: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 44. Jg., 11/2006; DERS., in: Ureko-Spiegel 8/2007). Dass es sich hierbei **auch für den Juristen um ein aktuelles Thema** handelt, zeigt ein Arbeitskreis des vergangenen Deutschen Verkehrsgerichtstages (45. Deutscher Verkehrsgerichtstag 2007, Arbeitskreis VII: Die Auswertung von Fahrzeugdaten bei der Unfallanalyse, Goslar, 24.-26.1.2007), der sich unter dem Titel „Auswertung von Fahrzeugdaten bei der Unfallanalyse" mit den technischen Möglichkeiten, dem Nutzen der Daten und den rechtlichen Grenzen befasste. Der nachfolgende Artikel soll aufzeigen, ob und wie die **moderne Fahrzeugelektronik als Informationsquelle** bei der Unfallanalyse verwendet werden kann. Ergänzend zu den klassischen technischen Anknüpfungstatsachen wie z.B. Bremsspuren oder Fahrzeugbeschädigungen könnten die elektronischen Systeme weitere, für die Unfallanalyse hilfreiche Daten liefern. Auch bei der **Durchführung von Crashversuchen** gilt es, hierauf ein besonderes Augenmerk zu legen. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse können dann bei der Rekonstruktion tatsächlicher Unfälle von Nutzen sein.

Elektronik als Unfallursache

Neben einer zusätzlichen Informationsquelle zur Aufklärung eines Unfallgeschehens kann die **Elektronik jedoch möglicherweise auch selbst Ursache** für einen Unfall sein. Da die heutigen Fahrzeuge mechanisch weitestgehend ausgereift sind, wächst der **Anteil der Elektrik/Elektronik-Defekte in der Pannenstatistik stetig**. Einer Hochrechnung zufolge werden Elektrik-/Elektronik-Störungen in den nächsten Jahren einen Anteil von über 60 % an allen Fahrzeugpannen haben (DUDENHÖFFER, Automotive 3-4/2004). Damit ist nicht auszuschließen, dass sowohl der technische Sachverständige als auch der Jurist

zukünftig mit der Frage konfrontiert werden, ob bspw. eine Fehlfunktion des ESP (Elektronisches Stabilitäts-Programm) ursächlich für ein Unfallgeschehen war.

II. Komfortsysteme

Bei Ausfall: Notlauf

In den in den heutigen Fahrzeugen verbauten Komfortsystemen lassen sich auf den ersten Blick keine unfallrelevanten Daten vermuten. Zu derartigen Komfortsystemen zählen **Fahrerassistenz-, Navigations-, Klimatisierungs- sowie Infotainment-Systeme** und viele mehr. Allein in der Tür eines Pkw befinden sich zahlreiche Steuergeräte, die für die Zentralverriegelung oder das Öffnen und Schließen der Fenster verantwortlich sind. Bei Ausfall solcher Steuergeräte schalten diese Systeme in einen **Notlauf**. Dabei kann es dann z.B. sein, dass sich die Fenster nur noch über einen Schlüsselschalter von außen schließen lassen oder die Türen nur noch einzeln mechanisch mit Schlüsseln ver- bzw. entriegelt werden können. Auch die Steuerung der Innenleuchten ist zunächst von einem Unfallgeschehen unabhängig. Im Falle eines Crash kann jedoch auch **automatisch die Innenraumbeleuchtung** eingeschaltet werden, wenn das hierfür zuständige Steuergerät die Information vom Airbag-Steuergerät erhält.

Datenbusse

Um die zahlreichen Daten im Fahrzeug weiterleiten zu können und dabei die Anzahl der verbauten Leitungen gering zu halten, werden heutzutage anstelle der früher üblichen einfachen Verkabelung **komplexe Datenleitungssysteme** verwendet. Diese Datenbusse transportieren die von den einzelnen Sensoren im Fahrzeug ermittelten Informationen durch das gesamte Fahrzeug. Dabei werden die **Informationen ständig überprüft**. Die einzelnen Steuergeräte sind an den Datenbus angeschlossen. Jedes Steuergerät greift dann die für sich relevanten Daten aus dem Bussystem ab. Je nach Aufgabe kann es mehrere dieser Datenbusse pro Fahrzeug geben. So gibt es z.B. separate Datenbusse für den Antrieb, den Komfort, das Infotainment oder die Diagnose. Weitere kleinere Sub-Systeme können dann noch spezielle Aufgaben ergänzend erfüllen. Die Hauptschwierigkeit für den Sachverständigen liegt darin, dass diese Topologien **in jedem Fahrzeug anders** sein können. Um eine sachkundige Aussage treffen zu können, muss der Sachverständige somit Informationen über den entsprechenden Fahrzeugtyp haben. Hierbei ist er von den Daten abhängig, die er über den Hersteller beziehen kann.

Kommunikation zwischen den Systemen

Fast jedes Fahrzeug verfügt mittlerweile aus Komfortgründen über ein Heizungs- und Klimatisierungssystem. Ein derartiges System ist prinzipiell im Fahrzeug autark. Da jedoch bspw. beim Einschalten der Klimaanlage und des Lüfters eine hohe Leistungsaufnahme erfolgt, muss das Drehzahlniveau des Motors entsprechend angehoben werden. Daraus folgt, dass **der Motorsteuerung „mitgeteilt" werden muss**, dass ein starker Verbraucher eingeschaltet wurde. Hier zeigt sich, dass es zu einem Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen im Fahrzeug kommt. Weiterhin erhalten Klimaanlagen zur Steuerung der einzelnen Lüfterklappen auch Informationen über die **Fahrgeschwindigkeit**.

Quick-Check

Es folgt somit, dass in den zunächst für eine Unfallanalyse eher uninteressant erscheinenden Komfortsystemen durchaus **Werte aus dem Bereich der Fahrdynamik** enthalten sein können. Interessanterweise lassen sich die Bedienmodule der Klimaanlagen vieler Fahrzeuge in einen Quick-Check-Modus versetzen. Dies erfolgt durch eine fahrzeugspezifische Tastenkombination. Damit können zahlreiche von den Fahrzeugsensoren ermittelten Parameter ohne den Einsatz komplizierter Messtechnik **direkt vom Klimaanlagendisplay im Fahrzeug abgelesen** werden. Dies ermöglicht dem Sachverständigen einen schnellen und kostengünstigen ersten Einblick in die im Fahrzeug vorhandenen Daten. Allerdings muss hierfür die richtige Tastenkombination zur Aktivierung dieses Modus bekannt sein. Des Weiteren sind die angezeigten Werte aufgrund **individueller Codierungen** nicht unmittelbar aussagekräftig.

Praxistipp:

Bedienmodule der Klimaanlagen vieler Fahrzeuge lassen sich mittels Tastenkombination in einen Quick-Check-Modus versetzen.

III. OBD-Diagnose

Reduzierung von Verbrauch und Schadstoffausstoß

In den 1990er Jahren wurde durch die Behörde zur Reinhaltung der Luft in Kalifornien (CARB) ein System für Pkw vorgeschrieben, das deren Schadstoffausstoß kontinuierlich überprüft (Onboard-Diagnose, OBD). Dieses System ist in Europa unter dem Namen EOBD für Serienfahrzeuge mit Otto-Motor ab 2001 und für Serienfahrzeuge mit Diesel-Motor ab 2003 vorgeschrieben. Es findet eine **Überprüfung abgasrelevanter Bauteile**, Teilsysteme und elektrischer Komponenten, deren Fehlfunktion bzw. Auswahl zu einer Überschreitung definierter Emissionsgrenzwerte führt, statt. Hierbei handelt es sich um ein **normiertes System an Fehlercodes**, das eine genormte Ausleseschnittstelle besitzt. Diese Schnittstelle muss vom Fahrersitz erreichbar sein und kann mit frei erhältlichen Scan-Tools (Soft- und Hardware) ausgelesen werden.

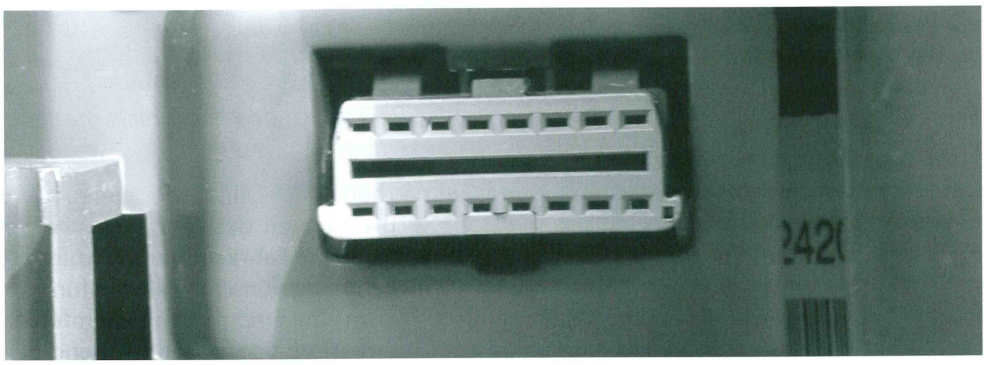


Abb. 1: Diagnose-Schnittstelle

Wenn ein Fehler im System auftritt, erfolgt der **Eintrag im Fehlerspeicher**. Weiterhin leuchtet eine genormte Abgaswarnleuchte (MIL = Mal Function Indicator Lamp/Light) auf. Sobald diese Lampe aufleuchtet, muss der Halter sein Fahrzeug umgehend in die Werkstatt bringen. Die nach Aktivierung der MIL **zurückgelegte Strecke wird abgespeichert** und muss jederzeit über die OBD-Schnittstelle abrufbar sein. Um die Arbeit der Werkstatt bei der Fehlersuche zu erleichtern, wird neben der zurückgelegten Fahrstrecke auch das genaue Datum und der Zeitpunkt des Fehlereintritts abgespeichert.

Unfallrelevante Daten

Die OBD-Schnittstelle erlaubt neben dem Auslesen abgasrelevanter Daten mit entsprechender Software ebenfalls das Auslesen aktueller Fahrzeugdaten wie einzelne **Radgeschwindigkeiten, Lenkradwinkel** oder bspw. **Querbeschleunigungen** oder den **Druck auf das Bremspedal**. Schließlich kann der **Kilometerstand** des Fahrzeugs aus verschiedenen Quellen ausgelesen werden sowie eine komplette **Fahrdynamikprüfung** des Fahrzeugs durchgeführt werden.

Primär abgasrelevant

Im Rahmen der Onboard-Diagnose (OBD) werden somit **primär abgasrelevante Daten** aufgenommen und bei Fehlern abgespeichert. Mittels dieser genormten Schnittstelle können jedoch auch weitere Daten über **Volldiagnose-Tools** aus den Fahrzeugen ausgelesen werden. Hierbei handelt es sich um Daten, die auch in den Bereich der Fahrdynamik gehen und damit für den Unfallrekonstrukteur von Interesse sein können.

Praxistipp:

Über die OBD-Schnittstelle lassen sich zahlreiche Fahrzeugdaten mittels frei erhältlicher Scan-Tools auslesen.

IV. Fahrdynamik und Fahrsicherheitssysteme

Fahrdynamische Daten

Die elektronischen Systeme, die der **Fahrdynamik und der Fahrsicherheit** dienen, sind naturgemäß für den Unfallanalytiker von besonderem Interesse. Das Elektronische Stabilitäts-Programm (ESP) ist bspw. ein System, das ein Fahrzeug im physikalischen Grenzbereich bei einem Ausweichmanöver oder in Kurvenfahrt stabilisieren und damit ein Schleudern verhindern soll. Dieses System vereint **zahlreiche Untersysteme**. Es beinhaltet u.a. das **Antiblockiersystem** (ABS), das ein Blockieren der Räder beim Bremsen verhindern soll. Weiterhin ist innerhalb eines ESP-Systems eine **Antriebsschlupfregelung**

(ASR) verbaut, die ein Durchdrehen der Antriebsräder z.B. beim Anfahren am Berg oder auf rutschigem Untergrund verhindern soll.

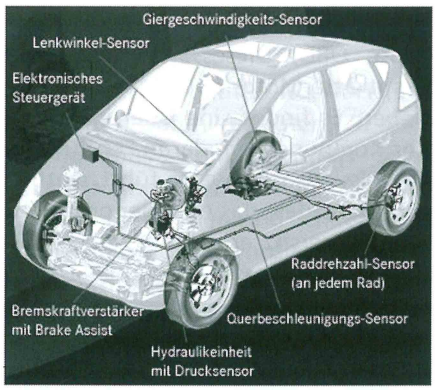


Abb. 2: ESP Mercedes-Benz A-Klasse (http://www.kfztech.de/kfztechnik/sicherheit/ESP.htm, Abrufdatum 15.5.2007)

Das ESP-System beobachtet kontinuierlich das **Fahrverhalten des Fahrzeugs**. Hierzu misst es etwa die Giergeschwindigkeit, also die Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Hochachse. Weiterhin werden die **Drehzahl der Räder** und die **Fahrzeugquerbeschleunigung** festgestellt. Um eine Information über die vom Fahrer gewünschte Fahrrichtung zu haben, wird ebenfalls die **Lenkradstellung** abgefragt. Um einen möglichen Systemfehler zu erkennen, sind zahlreiche Sicherheitsfunktionen integriert. So werden während der Fahrt die Sensoren auf **Leitungsbruch** oder **unplausibles Signalverhalten** kontrolliert. Weiterhin vergleicht das System die von den Sensoren gelieferten Messwerte mit den Messwerten der anderen Sensoren und überprüft, ob einzelne Sensor-Signale **nicht im Widerspruch zur Fahrzeugbewegung** stehen. Prinzipiell findet bei fehlerfreier Funktion eine Speicherung der Messwerte nicht statt. Führt also ein solches System einen Regelvorgang z.B. durch gezieltes Abbremsen einzelner Räder durch, was jedoch – wie sich möglicherweise im Nachhinein herausstellt – nicht notwendig oder sogar falsch war, so wird dies nicht dokumentiert, da aus **Sicht des Systems keine Fehlfunktion** vorlag.

Speicherung von Freeze Frames

Eine **Speicherung** findet erst statt, wenn das System einen **Fehler** erkennt. Hierbei werden die zum Zeitpunkt des Fehlereintritts herrschenden **Randbedingungen** (Freeze Frames) abgespeichert. Dies dient in erster Linie zur Fehlerdiagnose durch die Werkstatt. Tritt also in einem Teil des Systems eine Fehlfunktion auf, so wird neben dem eigentlichen Fehler auch abgespeichert, bei welcher **Geschwindigkeit** oder bei welcher **Motordrehzahl** dieser Fehler auftrat. Das nachfolgende Bild zeigt die gespeicherten Randbedingungen, die von der Elektronik festgehalten wurden, als eine Fehlfunktion des Airbags absichtlich hervorgerufen wurde.

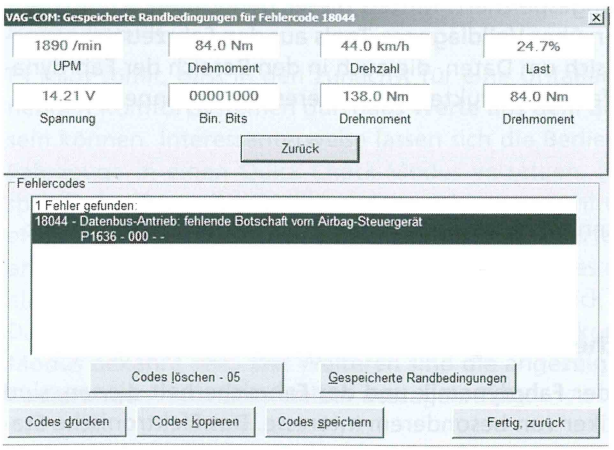


Abb. 3: Fehlercode und Randbedingungen (VAG-COM)

Minimalgeschwindigkeit

Die Freeze Frames werden gespeichert, können aber, wenn der gleiche Fehler nach einer bestimmten Anzahl von Zyklen nicht erneut festgestellt wurde, wieder **gelöscht** werden. Weiterhin können die zum Zeitpunkt des Fehlereintritts abgespeicherten Rand-

bedingungen auch im Rahmen der Selbstdiagnose, d.h. wenn beim stehenden Fahrzeug der Zündschlüssel umgedreht wird, wiederum **überschrieben** werden. Damit würde als Geschwindigkeit der Stillstand des Fahrzeugs (beim Einschalten der Zündung) festgehalten werden, was keinen Hinweis mehr auf eine **mögliche Kollisionsgeschwindigkeit** geben könnte. Des Weiteren ist für den Unfallrekonstrukteur nicht ohne Weiteres ersichtlich, wann die Randbedingungen nach Eintritt des Fehlers abgespeichert werden. Kommt es bspw. infolge einer Kollision zu einem Abriss eines Rades sowie der zugehörigen Achseinheit, so wird das System einen Fehler im Radsensor feststellen. Dieser Abriss des Rades kann durch die Verformung während der Kollision erfolgen und tritt somit nahezu zum Kollisionszeitpunkt auf. Wird jedoch die zugehörige Randbedingung, also die entsprechende Geschwindigkeit, deutlich später abgespeichert, so kann diese Geschwindigkeit aufgrund des Geschwindigkeitsabbaus infolge der Kollision bzw. im Auslauf bereits **erheblich unter der ursprünglichen Kollisionsgeschwindigkeit** liegen. Damit kann anhand dieser Daten nur auf die mögliche **Minimalgeschwindigkeit** geschlossen werden. Die eigentliche Kollisionsgeschwindigkeit des Fahrzeugs kann jedoch noch darüber gelegen haben. Aus diesem Grund eignen sich die aus den Freeze Frames ablesbaren **Geschwindigkeiten nur als ergänzender Wert** zu bereits vorhandenen Rekonstruktionsergebnissen.

Praxistipp:

Die gespeicherten Randbedingungen bei Eintritt eines Fehlers liefern möglicherweise Geschwindigkeitsangaben, die als **Ergänzung** zu **anderen Rekonstruktionsergebnissen** herangezogen werden können.

Keine unfallrelevanten Daten ausgelesen

In einem konkreten Fall durchfuhr ein Pkw eine Kurve. Im Bereich dieser Kurve kam der Pkw ins Schleudern und kollidierte mit einem entgegenkommenden anderen Fahrzeug. Der Fahrer trug vor, dass sein Fahrzeug **plötzlich ausgebrochen** sei. Daraufhin wurden verschiedene Steuergeräte dieses Fahrzeugs zunächst in einer Vertragswerkstatt ausgelesen. Hierbei konnten jedoch **keine unfallrelevanten Daten** extrahiert werden. Erst der Systemlieferant, der die elektronischen Komponenten hergestellt hatte, war in der Lage, Daten aus den Speichern der Geräte auszulesen. Der Hersteller konnte auf eine tiefere Speicherebene als die Vertragswerkstatt zugreifen und stellte zahlreiche Fehlereinträge fest. Diese Fehlereinträge ließen sich **problemlos** durch die durch die Kollision hervorgerufene Fahrzeugdeformation und die damit verbundenen Systemfehler **erklären**. Hinweise zu der zum Kollisionszeitpunkt gefahrenen Geschwindigkeit konnten jedoch den Daten nicht entnommen werden. Eine **mögliche Fehlfunktion** der elektronischen Systeme wurde seitens des Herstellers verneint.

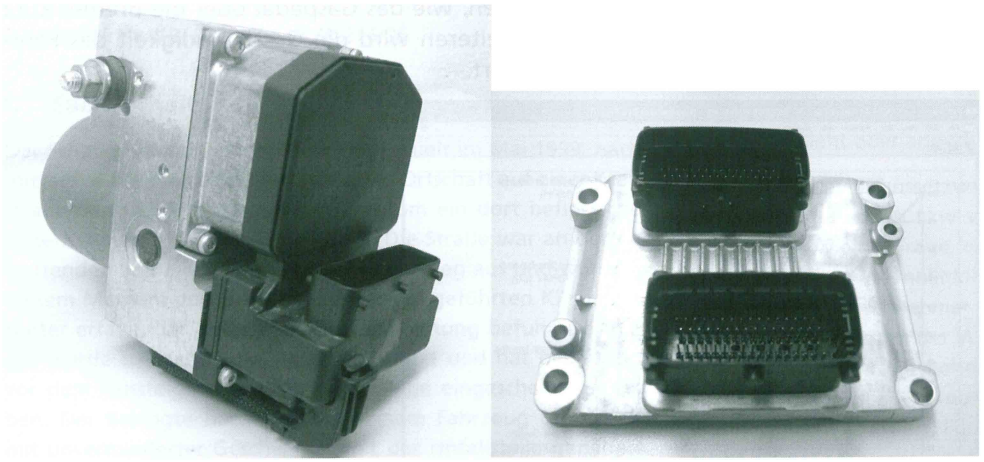


Abb. 4: ABS-SteuergerätMotorsteuergerät

V. Event-Dater-Recorder

Crash-Sensoren und Speichermodule

Ende der 1990er Jahre verfasste die US-amerikanische Verkehrsbehörde NTSB eine **Empfehlung** zur Kooperation der nationalen Straßensicherheitsbehörde (NHTSA) und den

Automobilherstellern. Danach sollten **diese unfallrelevante Daten aus den Crash-Sensoren** und Speichermodulen der Fahrzeuge auslesbar machen (Vetronix Corporation Launches The Crash Data Retrieval [CDR] System, *http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/uploads/Vetronix_System Info_web-address_faq_order-form-with-technical-data.pdf*, Abrufdatum 9.6.2006). Dieser Empfehlung kamen zahlreiche Fahrzeughersteller nach. So hat z.B. GM seit 1990 alle Fahrzeuge mit Airbags mit aufzeichnungsfähigen Modulen ausgerüstet. Seit 1999 besteht die Möglichkeit, Pre-Crash-Daten, also Daten vor der Kollision, abzuspeichern. Aus diesen Airbag-Modulen lassen sich u.a. die **Geschwindigkeiten** (bis 5 s vor der Kollision), der **Bremsstatus**, der **Sicherheitsgurtstatus** und die kollisionsbedingte **Geschwindigkeitsänderung** auslesen. Hierbei werden die abgespeicherten Daten unterschiedlich behandelt, je nachdem, ob ein Airbag ausgelöst hat oder nicht. Auch bei Ford-Fahrzeugen werden unfallrelevante Daten abgespeichert. Hierbei werden bei Fahrzeugen mit Seitenairbags auch **Seitenkollisionen** festgehalten.

Bis zu 85 % aller Fahrzeuge bis 2010

Im Oktober 2006 veröffentlichte das US-amerikanische Versicherungsinstitut (IIHS) Zahlen zu der Verbreitung dieser Event-Data-Recorder (EDR) (Status Report IIHS, Vol. 41, No. 8, 10/2006). Danach sah das Institut keine Veranlassung, derartige **Systeme vorzuschreiben**, da bereits 64 % aller Neufahrzeuge damit ausgerüstet seien. Hochrechnungen gehen davon aus, dass bis zum Jahre 2010 bis zu **85 % aller Fahrzeuge** damit ausgerüstet sein werden. Neben Ford und GM statten freiwillig Isuzu, Mazda, Mitsubishi, Subaru und Suzuki sowie z.T. auch Toyota ihre Pkw mit EDR's aus. Hersteller wie BMW, Daewoo, Honda, Hyundai, Kia, Mercedes, Nissan, Porsche oder Volkswagen rüsten dagegen ihre Fahrzeuge **nicht mit solchen Systemen** aus.

Laut geltendem US-amerikanischem Recht gehören die von diesen Systemen abgespeicherten Daten dem **Fahrzeugeigentümer**. Versicherungen, Unfallforscher oder Autohersteller können allerdings mit Erlaubnis des Eigentümers diese Daten benutzen. Ohne Erlaubnis kann dies nur durch eine **richterliche Anordnung** erfolgen. Da diese Systeme alle wesentlichen unfallrelevanten Daten sowie via GPS auch die Position des Fahrzeugs kennen, kann hierdurch zukünftig auch eine sog. **Crash-Notification** ausgelöst werden. Damit würde im Falle eines Unfalls via Handy eine Verständigung der Polizei und der Rettungskräfte automatisch unter Angabe der **genauen Position** des Fahrzeugs sowie der voraussichtlichen **Verletzungsschwere** der Insassen erfolgen.

Auslesen über OBD-Schnittstelle oder direkt am Modul

Die Daten aus diesen Systemen können mit einem **frei erhältlichen Werkzeug** ausgelesen werden. Dabei kann bei intaktem Fahrzeug die **OBD-Schnittstelle** verwendet werden. Ist das Fahrzeug durch eine Kollision stark beschädigt, kann das Auslesewerkzeug auch **direkt an das Airbag-Modul** angeschlossen werden. Die so ermittelten Daten lassen detaillierte Rückschlüsse auf die Kollision bzw. teilweise auch auf die vorangegangenen Sekunden – ähnlich dem in Deutschland bekannten **Unfalldatenspeicher** (UDS) – zu. Mit geringem Aufwand kann ausgelesen werden, wie das Gaspedal oder die Bremse kurz vor der Kollision betätigt wurden. Des Weiteren wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Zeit dokumentiert.

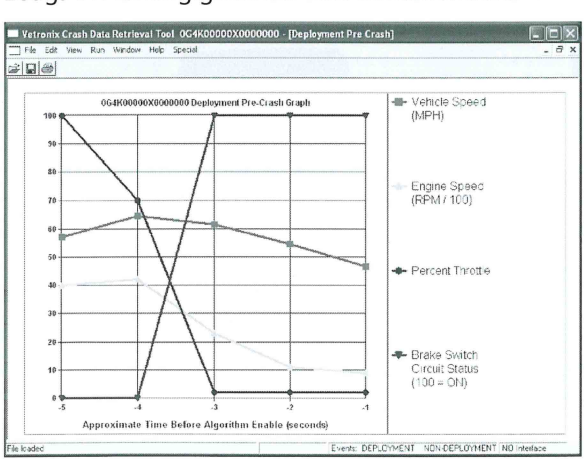


Abb. 5: Screenshot Vetronix Crash Data Retrieval Tool (ES6506 Crash Data Retrieval [CDR] Modul; Vetronix ETAS Group, http://de.etasgroup.com/products/vim/in_detail.shtml, Abrufdatum 13.6.2006)

VI. Fazit

Primär Verbrauchs- und Emissionsdaten

Diese Ausführungen zeigen, dass moderne Fahrzeuge in ihren elektronischen Systemen über **zahlreiche** Daten verfügen. Primär sind zum jetzigen Zeitpunkt in Europa diese Systeme jedoch zur Steigerung des Komforts oder zur Verringerung des **Kraftstoffverbrauchs** und der **Emissionswerte** installiert. Lediglich bei Auftreten eines Fehlers werden **Randbedingungen** abgespeichert, die möglicherweise auch Angaben zu Geschwindigkeiten enthalten. Inwiefern diese Geschwindigkeiten jedoch Rückschlüsse auf die eigentliche Kollisionsgeschwindigkeit der Fahrzeuge zulassen, muss noch genauer untersucht werden. **Detailliertere Informationen** seitens der Automobilhersteller wären hier aus Sicht des Unfallrekonstrukteurs wünschenswert. Inwiefern das US-amerikanische System des **Event-Data-Recorders** in Europa Fuß fassen wird, bleibt abzuwarten.

Empfehlung: Unfallrelevante Daten aus Speichermodulen

Der diesjährige Deutsche Verkehrsgerichtstag setzt diesbezüglich ein deutliches Zeichen, da der entsprechende Arbeitskreis den **Serieneinbau eines Speichermoduls** für unfallrelevante Daten bei Ausnutzung der vorhandenen Fahrzeugsensorik als gesetzliche Vorschrift empfiehlt. Weiterhin wird angeregt, dass **Eingriffe der Fahrerassistenzsysteme** und das **Auslösen von Rückhaltesystemen** protokolliert werden sollten. Dies würde die Arbeit des unabhängigen Sachverständigen erheblich unterstützen und eine objektive Rekonstruktion von Unfällen mit einer möglichen **Beteiligung elektronischer Komponenten** gewährleisten.