

Wolfgang Pfeffer\*

## Die Speicherung von Kollisionsdaten im Airbag-Steuergerät

### Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel beschäftigt sich mit der Frage, welche Daten in den Steuergeräten moderner Rückhaltesysteme abgespeichert werden und wie diese Daten allenfalls für die Verkehrsunfallrekonstruktion herangezogen werden können. Bei den meisten heute verwendeten Airbag-Steuergeräten wird eine Fülle von Daten im Falle einer Airbag-Aktivierung in einem Speicher abgelegt. Bei diesen Daten handelt es sich zum einen um Informationen über interne und externe Systemzustände bzw. Systemfehler und zum anderen um diskrete Crash-Daten, die zur Unfallrekonstruktion unterstützend verwendet werden können. Es ist zu erwarten, daß die Verkehrsunfallaufklärung durch diese Möglichkeiten zunächst bei stärkeren Kollisionen eine neue Qualität erfahren wird.

### Summary

The present article explains, which information is stored up in airbag control module in case of airbag-ignition, and how this information can be used in legal proceedings. In most cases, crash data is stored in the EEPROMs of airbag control module and can be evaluated by the manufacturer. By that means, it is expected that reconstruction of traffic accidents increases up to a new quality level.

### 1 Problemstellung

Im Verlauf meiner Untersuchungen über Auslöseschwellen von Rückhaltesystemen (siehe dazu Heft 9/1999) hat sich gezeigt, daß in den meisten Airbag-Steuergeräten Speicher vorhanden sind, die neben Systemfehlern auch Kollisionsdaten im Auslösungsfall aufzeichnen. In den Veröffentlichungen der Fahrzeughersteller über Rückhalteeinrichtungen wurde manchmal kryptisch über solche Speicher berichtet, eine klare Information darüber, welche Daten hier abgelegt werden und wie diese zugänglich sind, gab es bisher nicht. So kam es, daß sich unter Richtern, Anwälten und auch unter Sachverständigen unterschiedlichste Gerüchte aufgebaut haben, die von ergebnissen und einfachen Auswertungsmöglichkeiten der Steuergeräte durch die Werkstätte, bis zur Nutzlosigkeit solcher Bestrebungen für das gerichtliche Beweisverfahren reichen.

### 2 Elektronische Einrichtungen mit Speichermöglichkeiten

Ab Beginn der 80er Jahre wurde durch die intensive Anwendung von Steuerungselementen eine elektronische Revolution im Automobilbau eingeleitet, deren Ende heute noch nicht absehbar ist. Selbst in einem Fahrzeug der Mittelklasse gibt es kaum mehr ein mechanisches Bauelement, das nicht elektronisch gesteuert oder überwacht wird. Elektronikteile haben heute inklusive der Software einen Anteil an den Herstellkosten von ca. 20 % und die Tendenz ist weiter steigend. Mit der Elektronik werden Bauteile und Gewicht eingespart (z.B. Bremsendifferenzial). Überdies wurden die Gemischbildungsabläufe sowohl beim Benzin-, als auch beim Dieselmotor mittels Elektronik völlig verändert, die modernen Direkteinspritzmotoren hätten ohne dem elektronischen Motormanagement nicht realisiert werden können. Die Fahrzeugelektronik hat weiters die Senkung der Abgasemissionen ermöglicht und dazu beigetragen, daß Kraftfahrzeuge zuverlässiger und bedienungsfreundlicher wurden.

Die zahlreichen Regelkreise im Automobil sind so aufgebaut, daß Sensoren physikalische Meßgrößen erfassen, in elektrische Signale umwandeln und an die Steuerungselektronik weiterleiten. Abhängig von den im Mikroprozessor programmierten Anweisungen werden verschiedene Stellglieder angesteuert und so physikalische Zustände im Fahrzeug

laufend verändert. Die Bedienungshandlungen des Lenkers fließen in diese Regelkreise ebenfalls als Eingangsgrößen mit ein.

Es gibt heute eine Vielzahl an elektronischen Systemen im Automobil, die über Eigendiagnosesysteme und damit über sogenannte Fehlerspeicher verfügen. Dazu zählen insbesondere das Motormanagement, das Automatikgetriebe, die Rückhaltesysteme, das ABS und die zahlreichen Fahrstabilitätseinrichtungen (z.B. ASR, ASD, ESP, DSC ...), die Heizungsregelung und Klimaanlage, der Diebstahlschutz samt Türsteuerung, die Verstellvorrichtungen, sowie die Informationssysteme (Navigationssysteme, Audio- und Videoanlage).

Während diese Systeme früher völlig losgelöst voneinander gearbeitet haben, sind die einzelnen Steuergeräte heute über einen Datenbus (CAN-Bus = Controller Area Network) miteinander vernetzt. So ist es möglich, Daten zwischen einzelnen Steuergeräten sehr rasch auszutauschen und Doppelgleisigkeiten bei der Datenerfassung zu vermeiden. Beispielsweise löst ein Regeleingriff der automatischen Schlupfregelung (ASR) eine Verstellung der Drosselklappe im Motormanagement und ein Schaltverbot im Steuergerät des Automatikgetriebes aus. Die Übertragungsrate beträgt derzeit 9.600 Baud (= Bit/s) in der Karosserieelektronik und 1 Mio Baud in der Antriebslektronik.

Jedes dieser Systeme verfügt über ein eigenes Steuergerät und über eine Vielzahl von Sensoren und Aktuatoren. Das Herzstück im Steuergerät stellt der sogenannte Mikrocontroller dar. Das ist ein Einchip-Mikrorechner, der digitale Informationen entsprechend einem festgelegten Programm verarbeitet. Das Programm ist im Hauptspeicher des Mikrocontrollers untergebracht. Es entspricht einer bestimmten Steuerwertfolge, die das Rechenwerk schrittweise abarbeitet. Durch die Befehlsfolge wird festgelegt, was im Rechner unter dem Einfluß der aktuellen Eingaben gerade geschieht. Auf diese Weise steuert der Mikrocontroller externe Vorgänge durch ein vom Anwender festgelegtes Programm. Der Ein-Chip-Rechner (Mikrocontroller) setzt sich aus dem Rechenwerk (CPU), dem Zeitgeber, einem Analog-Digital-Wandler, den Kommunikationsschnittstellen und einer Speichereinheit zusammen. Die Speichereinheit besteht wiederum aus einem Lesespeicher (ROM), aus einem flüchtigen Schreib- und Lesespeicher (RAM) und einem elektrisch lösch- und programmierbaren Speicher (EEPROM).

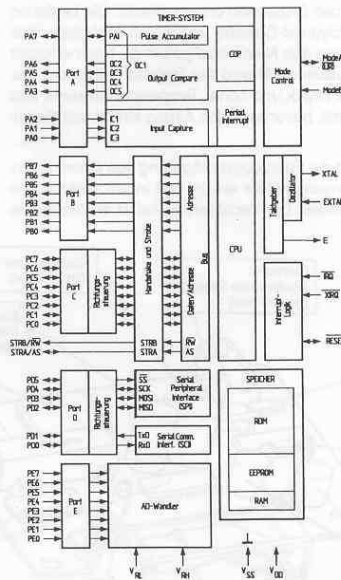


Bild 1 Mikrocontroller der Fa. Motorola  
Fig. 1 Mikrocontroller Motorola MC68HC11

\*Ing. Dr. Wolfgang Pfeffer, beideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Verkehrssicherheit und Kfz-Wesen, Lerchenfelder Straße 121, 1070 Wien

Die Steuergeräte im Automobil sind eigendiganosefähig und speichern aufgetretene Fehler entweder im flüchtigen RAM-Speicher oder im EEPROM des Mikrocontrollers ab. Das Auslesen der Fehlerspeicher, sowie die Untersuchung der Steuergeräte spielt im gerichtlichen Beweisverfahren eine wichtige Rolle. Gerade auf dem Gebiet der Fahrdynamikregelung ist eine Überprüfung der Steuergeräte manchmal unerlässlich, z.B. wenn nach einem Unfall vorgebracht wird, daß die Fahrdynamikregelung, bei der ja auch Bremsenriffe erfolgen, fehlerhaft gearbeitet hätte und dieser Fehler unfallkausal gewesen sei.

Fehlerspeicher können aber auch für die Beurteilung der Entstehung von mechanischen Schäden bei mangelhaften Reparaturen oder in Gewährleistungsverfahren herangezogen werden. Das Auslesen der Fehlerspeicher durch den Sachverständigen erfolgt rasch und sicher entweder mit dem markenspezifischen Tester, der Kontaktüberbrückungsmethode oder mittels Universaldiagnosegerät. Im Regelfall werden in den Steuergeräten bis zu 10 Fehler chronologisch abgespeichert. Die Fehlerdiagnosesysteme werden laufend weiter entwickelt, die Speicherkapazitäten werden stetig erweitert. Bei einigen Fahrzeugen ist es bereits möglich, nicht nur den Fehler selbst abzurufen, sondern auch festzustellen, bei welchen Betriebszuständen dieser Fehler abgespeichert wurde. D.h. es können hier zusätzlich Datum und Uhrzeit, die Motordrehzahl, die aktivierte Schaltstufe und die Temperaturen der Betriebsflüssigkeiten zum Zeitpunkt des Fehlereintritts abgerufen werden. Damit kann die Fehlergenese und auch ein allfälliger Bedienungsmangel des Lenkers transparenter gemacht werden.

Über die Ablegung von Fehlern hinausgehende Speichermöglichkeiten existieren im Fahrzeug derzeit nur in den Airbag-Steuergeräten. In allen anderen Systemen, insbesondere auch bei der Fahrdynamiksteuerung werden im Falle einer Kollision bisher keine Daten abgelegt. Für die Unfallrekonstruktion sind daher im Hinblick auf die Gewinnung von Crash-Daten derzeit nur die Airbag-Steuergeräte interessant, auf die im folgenden näher eingegangen wird.

### 3 Funktionsweise des Airbag-Systems

Das System setzt sich aus den Airbagmodulen und aus dem Steuergerät zusammen. Die Airbagmodule sind im Lenkrad, im Armaturenbrett, in den Türen oder seitlich in den Sitzlehnen untergebracht. Sie bestehen aus einem Luftsack aus Polyamid-Gewebe und einem Topfgasgenerator, der mit Treibstoffplättchen aus Natrimacid gefüllt ist. Nach erfolgter Ansteuerung durch das Auslösegerät wird der Treibstoff gezündet, wodurch Stickstoff mit hohem Druck und hoher Temperatur entsteht. Das Gas wird gefiltert und gekühlt, bevor es in den Airbag strömt und diesen öffnet.

Im Airbag-Steuergerät wird die Fahrzeugverzögerung von einem piezoelektrischen Vertikalschwingungsfühler erfaßt und in ein elektrisches Spannungssignal umgewandelt. Die Verzögerung liefert als Meßgröße

die analoge Basisinformation, die nach entsprechender numerischer Auswertung zur Entscheidung »Zünden« oder »Nicht Zünden« führt. Der mechanische Beschleunigungssensor (Safingsensor) hat lediglich eine Sicherheitsfunktion, nur wenn auch er geschlossen ist, kann eine Auslösung erfolgen.

Im Fahrbetrieb wird die aktuelle Fahrzeugverzögerung in einem 1-ms-Takt bestimmt. Bei Überschreiten eines Verzögerungswertes von 2 g wird der Algorithmus gestartet, die Geschwindigkeitsänderung wird berechnet, die das Kriterium für die Zündentscheidung darstellt.

Die Auslösung erfolgt innerhalb eines festgelegten Toleranzbandes zwischen der unteren und der oberen Auslöseschwelle. Bei welchem Wert exakt ausgelöst wird, ergibt sich durch die Kollisionsbewertung des konkret vorliegenden Verzögerungsverlaufes im Mikrocontroller. Neben der Zündentscheidung ermittelt das Airbag-Steuergerät auch den optimalen Zündzeitpunkt. Abhängig vom Verzögerungsverlauf, insbesondere auch vom Kollisionsweg, wird die Zündzeit berechnet. Bei Kenntnis der Software, d.h. der Auslegung des Systems, kann daher alleine mit der Zündzeit die Kollision technisch relativ gut beurteilt werden.

### 4 Gespeicherte Daten im Airbag-Steuergerät

Im Mikrocontroller des Steuergerätes befindet sich der bereits behandelte Speicherblock, in dem allfällige Fehler im flüchtigen RAM-Speicher oder im EEPROM (Fault Memory) abgelegt werden. Im EEPROM des Mikrocontrollers ist auch das Steuerungsprogramm des Systems untergebracht. Ein Teil des EEPROMS, dient weiter als Festspeicher für die Aufzeichnung von Kollisionsdaten, für den Fall einer Zündung von Airbags und/oder Gurtstraffern.

Die Frage, welche Daten im EEPROM des Mikrocontrollers abgespeichert werden, kann nicht generell beantwortet werden. Zum einen ist der Datenumfang vom Alter bzw. von der Generation des Steuergerätes und zum anderen von den konkreten Speichervorgaben des Fahrzeugherstellers an den Zulieferer der Steuergeräte abhängig.

Bei älteren Geräten beginnend etwa ab dem Baujahr 1987 werden im Regelfall nur einige wenige Daten gespeichert. Dabei handelt es sich vorwiegend um aufgetretene Systemfehler vor und nach dem Aufprall, sowie um die Zündzeit, das ist der Zeitraum, der vom Rechenbeginn bis zur Zündung vergeht. Schrittweise wurde der gespeicherte Datenumfang im Crash-Speicher vergrößert. Welche Daten bei einem konkreten Fahrzeugmodell abgelegt werden, kann zumeist nur durch Rücksprache mit dem Steuergerätehersteller (unter Angabe der Serien- bzw. Gerätenummer) geklärt werden.

Bei Airbag-Steuergeräten der aktuellen Generation werden im Falle einer Zündung zumeist folgende Daten in verschiedenen Blöcken des EEPROMS abgelegt:

#### Systemzustände und Systemfehler

- System- bzw. Fehlerstatus vor und während der Kollision, gespeicherte Fehler, sowie Störungen, die während des Zusammenstoßes aufgetreten sind

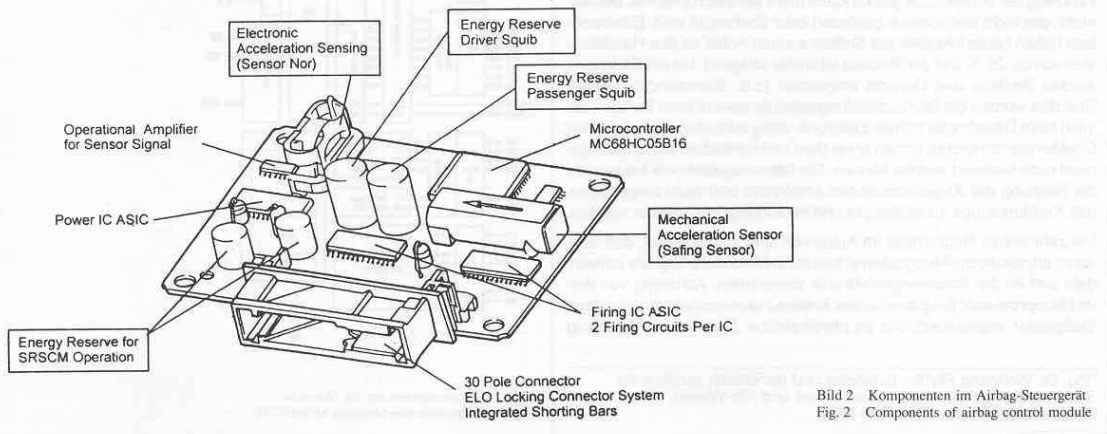


Bild 2 Komponenten im Airbag-Steuergerät  
Fig. 2 Components of airbag control module

- Fehlerzeiten
- Batteriespannung
- Energiereservespannungen
- Referenzspannungen
- Sensortestergebnisse
- ev. Motorbetriebszustände und Temperatur
- Externe Fehler, z.B. Zündkreisfehler, Warnlampenfehler, Schnittstellenfehler zur Peripherie

#### Crashrecorder

- Verzögerungswerte vor und nach der Auslösung
- Verzögerungswerte bei der Auslösung
- kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung
- Zündsignal für Airbags und/oder Gurtstraffer
- Auslösefreigabe (Ansprechen des mechanischen Beschleunigungssensors)
- Zündzeit
- Bestätigung der Auslösung von Airbags und Gurtstraffer
- Synchronisationsinfos über die Auslösungsabfolge Front-, Seitenaufprall, Überrollvorgang
- konkrete Auslöseschwellen und zeitliche Abfolge der einzelnen Gurtstraffer und Airbags
- Zustand der Sitzbelegungserkennung
- Zustand der Kindersitzerkennung
- etc.

Aufgrund der Vernetzung über den Datenbus ist es technisch sehr einfach möglich, eine Vielzahl von aktuellen Meßparametern im Kollisionszeitpunkt abzuspeichern. So könnten im Airbag-Steuergerät auch Daten wie die Fahrzeuggeschwindigkeit, der Öffnungswinkel der Drosselklappe, die Schaltstufe des Lenkwinkel u.v.a. mehr abgelegt werden. Der konkret abgespeicherte Datenumfang ist – wie bereits vorstehend ausgeführt wurde – vom Fahrzeugmodell und vom Lastenheft des Fahrzeugherstellers abhängig.

Das Ergebnis einer Auswertung des Airbag-Steuergerätes stellt sich in Form des sogenannten Crash-Protokolls dar. Die Daten sind für die Unfallrekonstruktion sehr gut geeignet und könnten als Beweismittel herangezogen werden. Es stellt sich daher die Frage, ob bzw. wie ein Auslesen dieser Speicher erfolgen kann. Mit den herkömmlichen Diagnosegeräten für die Fehlerspeicher ist ein Abrufen der Crash-Daten nicht möglich, die Fachwerkstätte hat keinen Zugriff auf den Crash-Speicher.

#### 5 Datenzugang

Anfragen an die europäischen Automobilhersteller haben ergeben, daß eine Auswertung von Airbag-Steuergeräten im Zuge eines Gerichtsverfahrens, d.h. mit Gerichtsbeschluß teilweise bereits offiziell möglich ist. Weiterführende Recherchen haben gezeigt, daß die in Europa produzierten Fahrzeuge hauptsächlich von vier großen Steuergeräteherstellern ausgerüstet werden, bei denen die Standards durchaus vergleichbar sind. Obwohl einige Fahrzeughersteller – möglicherweise aus produkthaftungsrechtlichen Erwägungen – angeben, daß ihre Fahrzeuge über keine Crash-Datenspeicher verfügen, ist davon auszugehen, daß solche Informationen heute in allen aktuellen Fahrzeugmodellen gespeichert werden, wenngleich der Datenumfang durchaus divergiert. Es ist hier sicherlich erst eine gewisse Auswertungspraxis abzuwarten, bisher wurden in Europa erst sehr wenige solche Auswertungen im Zuge eines gerichtlichen Beweisverfahrens, zumeist bei sehr schweren oder spektakulären Unfällen, durchgeführt.

Eine Auswertung sollte mit Gerichtsbeschluß nach entsprechender Kontaktaufnahme (empfehlenswert sind die Rechtsabteilungen der Fahrzeughersteller) in Auftrag gegeben werden. Die Auswertung selbst wird im Regelfall durch den Steuergerätehersteller erfolgen. Die Kosten für eine solche Auswertung belaufen sich auf 400 - 500 DM.

Ungeachtet der Auswertungsmöglichkeiten durch den Fahrzeug- bzw. Steuergerätehersteller ist zu erwarten, daß für das Auslesen der Crash-Speicher in Zukunft auch entsprechende Produkte angeboten werden können, Versuche dazu laufen bereits seit längerer Zeit. Nicht zuletzt könnte sich dadurch für den Sachverständigen ein neues Betätigungsfeld ergeben.

#### 6 Ausblick

Die vorstehend beschriebenen Auswertungsmöglichkeiten stellen erst den zaghaften Beginn einer Entwicklung dar, an deren Ende wohl die Verfügbarkeit aller für die Unfallaufklärung relevanter Daten im Kraftfahrzeug – auch bei kleineren Kollisionen – stehen wird.

Während sich die Unfallrekonstruktion in den letzten 15 Jahren vor allem auf dem Gebiet der Vorwärtsrechnung bzw. der Unfallsimulation weiterentwickelt hat, und damit immer stärker auf die virtuelle Ebene verlagert wurde, was sich nicht auf alle Gutachten positiv ausgewirkt hat, wurde bei Pkws aber auch bei Nutzfahrzeugen – von dieser Entwicklung mehr oder weniger unbeachtet – schrittweise immer mehr Meßparameter erfaßt, die auch für die Unfallaufklärung auf realer Ebene bestens geeignet wären. Jedes moderne Fahrzeug verfügt heute über Längs- und Querbeschleunigungs-, über Drosselklappen-, Motordrehzahl-, Temperatur- und Raddrehzahlsensoren, manche sogar über Giersensoren und Lenkwinkelgeber. Die vor der Serienreife stehenden elektronischen Bremssysteme werden eine Fülle weiterer interessanter Daten verfügbar machen. Durch Speicherung und Nutzbarmachung dieser Daten für den Sachverständigen wird die Verkehrsunfallaufklärung eine neue Qualität erfahren.

#### Literaturnachweis

- [1] ATZ.: Sonderheft Elektronik, 1998
- [2] Burghoff H.-G. u.a.: Elektrische und elektronische Innovationen, in ATZ, Mercedes-Benz S-Klasse, 1998
- [3] Ferrari S.p.A.: 360 Modena, Maranello, 1999
- [4] Fiat Auto S.p.A.: Airbags und Gurtstraffer, Turin, 1988
- [5] Lehsner M. D., forensic engineer: Airbag Multifunctions on the Rise, Atlanta 3/2000
- [6] Pfeiffer W.: Rückhalteeinrichtungen als Beweismittel, in Verkehrsunfall + Fahrzeugtechnik 9/1999
- [7] Bosch Robert GmbH: Fahrdynamikregelung, Stuttgart, 1998
- [8] Bosch Robert GmbH: Bremssysteme, Stuttgart, 1994
- [9] Schuster H. u.a.: Der neue Airbag von Volkswagen, in ATZ, 1992
- [10] Sperling D.: Kraftfahrzeug-Elektronik, Berlin, 1991
- [11] Wallrabe A.: Mikrocontroller-Praxis, München, 1997

**Bei Aufgabe einer Anzeige geben Sie  
uns bitte Ihre Konto-Nr. bekannt  
zwecks Abbuchung des  
Rechnungsbetrages.**

Als größtes, freies Sachverständigenbüro im ostbayerischen Raum suchen wir zur Verstärkung unseres Teams einen

### **Unfallanalytiker (Dipl.-Ing.)**

Sie sollten Grundkenntnisse in der Unfallrekonstruktion und praktische Erfahrungen auf dem Bereich der Kfz-Technik mitbringen.

Wenn Sie bereit sind, Ihre Kreativität, Ihre Ideen und Ihr Engagement einzubringen und Ihr Hobby zum Beruf machen wollen, senden Sie uns Ihre Bewerbungsunterlagen.

**INGENIEURBÜRO**  
**Pöchinger**  
Bürogemeinschaft

94113 Tiefenbach, F. Silbereisen Str. 1  
Tel. 08509 9108-0  
<http://www.ploechinger.de>