

■ Körperschall-Analyse:

Crash-Sound als Entscheidungshilfe

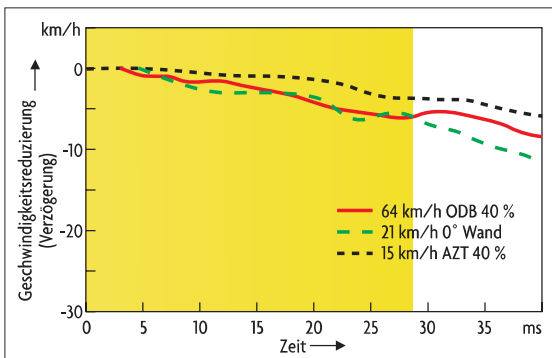
Die Analyse von Schallereignissen, wie sie bei mechanischen Verformungen auftreten, etwa einem Auto-Crash, ermöglicht das optimale Auslösen von Sicherheitssystemen, beispielsweise dem Airbag. Auch die Unterscheidung zu „harmlosen“ Ereignissen wie Park-Remplern kann damit besser getroffen werden.

Die Weiterentwicklung und Optimierung passiver Sicherheitssysteme ist ein wichtiges Thema in der Automobilindustrie. So sollen beispielsweise Sensoren für die Steuerung von Airbags in Zukunft noch sensibler reagieren und die Elektronik noch schneller über ei-



■ Bild 1. Airbag-ECU mit CISS-Sensor.

(Bilder: Labortechnik Tasler)



■ Bild 2. Beschleunigungssignale bei einem Crash. ODB: Mit 40 Prozent Versatz auf deformierbares Hindernis. AZT: Mit 40 Prozent Versatz auf ein nicht deformierbares Hindernis. Dargestellt ist auch der Crash an einer Wand.

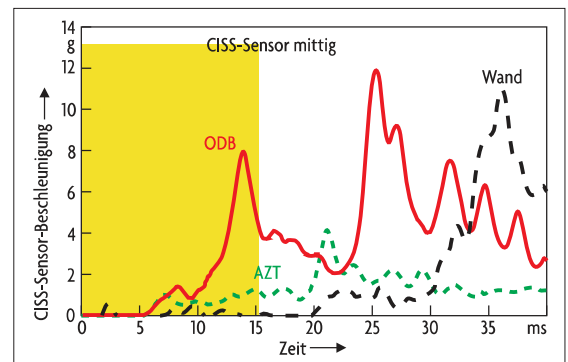
ne Aktivierung von Rückhaltesystemen wie Airbag und Gurtstraffer entscheiden. Um der Elektronik in solchen Situationen künftig noch detailliertere Entscheidungshilfen zu geben, untersucht man bei Continental den bei einem Crash auftretenden charakteristischen Körperschall und die dem Schallereignis zugrunde liegende plas-

tische Deformation der Struktur. Gleichzeitig können verschiedene Crash-Szenarien wie hohe oder niedrige Geschwindigkeit, teilweise Fahrzeugüberdeckung, schräger Aufprall oder Aufprall gegen deformierbare Objekte sehr gut unterschieden werden. Das Verfahren nennt sich „Crash Impact Sound Sensing“ (CISS, siehe Kasten S.20) und stellt eine wichtige Ergänzung zu den bisher im Crash-Bereich eingesetzten Beschleunigungs- bzw. Drucksensoren dar. Die kombinierte Auswertung der beiden physikalischen Effekte „Verzögerung“ und „Körperschall“ unterscheidet zuverlässig Fahrzeugunfälle von „Misuse“-Situationen, bei denen die Rückhaltesysteme nicht aktiviert werden dürfen. Auch die Unterscheidung zwischen „No-fire-Crashes“ bei niedrigen Geschwindigkeiten, beispielsweise Parkremplern, und „Fire-Crashes“ bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten gelingt mit dieser neuen Technik exzellent.

Wichtige physikalische Größe: der Körperschall

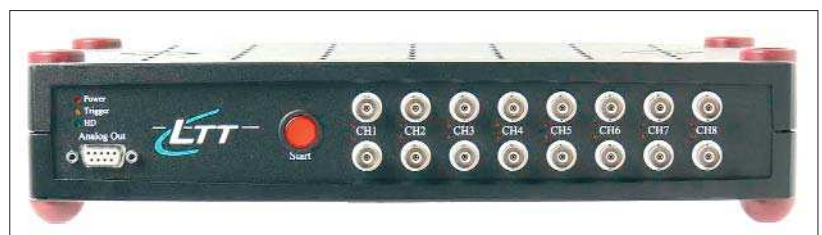
Körperschall entsteht bei der Einleitung von Kraftänderungen in eine me-

chanische Struktur. So beispielsweise durch Verformung von Werkstoffen oberhalb des elastischen Bereichs, beim Falzbeulen, Kollabieren und Brechen von Strukturen oder auch bei Rissbildungen. Körperschall breitet sich als elastische Spannungswelle – abhängig von der Frequenz – mit sehr



■ Bild 3. Körperschallsignal mit CISS-Sensor aufgenommen. ODB- und AZT-Parameter (auch Kurvenfarben) wie in Bild 2.

hoher Geschwindigkeit bis zu 5 m/ms in der Struktur aus, so dass ein beispielsweise in das zentrale Airbag-Steuergerät integrierter Körperschallsensor sehr schnell und präzise Crash-Szenarien auch an peripheren Punkten des Fahrzeugs erfassen kann. Die bei einem Crash entstehenden Körperschall-Phänomene werden in einer Forschungs Kooperation zwischen Continental, Audi und dem Institut für Angewandte Forschung (IAF) der FH Ingolstadt im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte, u.a. gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, untersucht. Dabei werden unter anderem durch Versuche mit Materialproben aus den Deformationsbereichen des Fahrzeugs charakteristische Körperschall-Kennwerte – wie z.B. die potentielle Schallenergiedichte – für bestimmte Materialien und Karosserieteile ermittelt. Bild 2 zeigt in



■ Bild 4. Der Transientenrecorder LTT186-16 von Labortechnik Tasler GmbH.



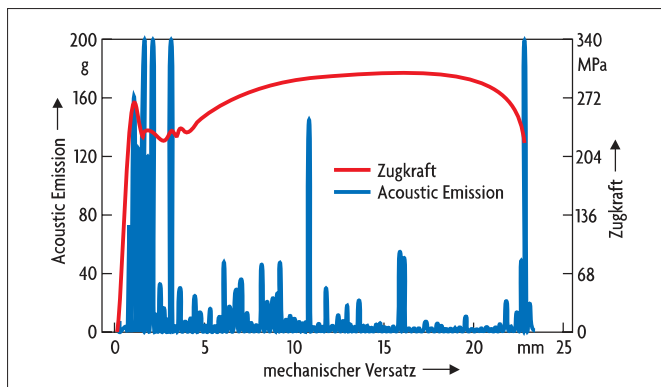
! Bild 5. Der Recorder LTT186-16 eingebaut in ein Crashfahrzeug.

diesem Zusammenhang die Geschwindigkeitsreduzierungen (= Verzögerungen) bei bestimmten Crash-Situationen, **Bild 3** die Verzögerungswerte an einem mittig angeordneten CISS-Sensor mit den gleichen physikalischen Crash-Parametern (Versatz) wie in Bild 2. Die so gewonnenen Kennwerte gehen dann in die Bewertung der bei einem realen Crashversuch auftretenden Signale ein. In einem weiteren Test-Szenario werden so genannte dynamische und statische „Misuse“-Situationen (z.B. extreme Fahr-situationen, Hammerschläge, Tritte) ausgewertet, um diese zuverlässig von einem echten Crash unterscheiden zu können.

Für diese Untersuchungen wird ein leistungsfähiges Messdatenerfassungssystem benötigt, das den besonders hohen Anforder-

ungen gerecht wird: Das System muss autark, d.h. ohne Rechnerunterstützung, arbeiten können und dabei auch längere Aufzeichnungen bis in den Minutenbereich hinein ermöglichen. Es soll eine hohe Signalbandbreite bis 1 MHz für möglichst viele Kanäle bieten – und das bei höchster Genauigkeit. Last not least muss das System „crashfest“ sein, d.h. auch Beschleunigungen von mehr als 70 g im Betrieb standhalten.

Bei Continental fiel die Wahl auf den Transientenrecorder LTT186-16 (**Bild 4**) von LTT Labortechnik Tasler (www.tasler.de). Dieser hat 16 analoge Differenzeingänge mit einer Bandbreite von 1 MHz und 16 bit Auflösung; DC bis 6,5 MHz Bandbreite sind möglich bei 12 bit Auflösung. Durch eine integrierte Festplatte mit



! Bild 6. Aufgezeichnete Körperschallsignale (Acoustic Emission) bei einem Zugversuch.

Sensoren ermitteln beim Crash den Körperschall

Bei einem schweren Unfall muss das Airbag-Sicherheitssystem in Sekundenbruchteilen entscheiden, was zu passieren hat: Beim Front-crash stehen dabei zwischen 10 und 40 ms zur Verfügung. Ist der Aufprall so stark, dass die Airbags überhaupt ausgelöst werden müssen – oder sind die Airbags gar nicht nötig und reichen die anderen Elemente der passiven Sicherheit wie Knautschzone und Sicherheitsgurt? Ist der Aufprall möglicherweise aber auch so heftig, dass die Zündladung, die die Luftsäcke aufbläst, mit voller Kraft aktiviert werden muss – oder reicht die Zeit, sie zweistufig auszulösen? Das zweistufige Auslösen hat den Vorteil, dass die Insassen weniger belastet werden. Zur Erkennung werden Sensoren eingesetzt, die die Verzögerung des Fahrzeugs messen. Die dabei gewonnenen Daten werden im zentralen Airbag-Steuergerät (ACU, Airbag Control Unit) ausgewertet. Ziel muss es sein, die Sensoren so feinfühlig zu machen,

dass die Deformation des Fahrzeugs als weitere wichtige Kenngröße der Unfallsituation erfasst wird. Genau das ist mit Crash Impact Sound Sensing (CISS) möglich, da der empfindliche Körperschallsensor praktisch die komplette Fahrzeugfront abdeckt und somit unabhängig davon, wie genau das Fahrzeug mit einem Hindernis kollidiert, in großer Geschwindigkeit Datenmengen zur Auswertung der Unfallschwere erzeugt.

Die CISS-Sensorik registriert beim Aufprall des Fahrzeugs auf ein Hindernis, wie rasch sich die Karosserie verformt und wie schnell und stark sich diese Körperschallwellen übertragen. Eine aufwendige Signalauswertung, die mit Hilfe speziell entwickelter Algorithmen das Unfallgeschehen analysiert und bewertet, trifft letztendlich die Entscheidung, ob und mit welcher Kraft die Airbags ausgelöst werden. Ein weiterer Pluspunkt: Die CISS-Technik lässt sich in das Airbag-Steuergerät integrieren. *go*

40 Gbyte Speicher sind längere Aufzeichnungen auch unabhängig von einem PC möglich. Eine optionale Flashdisk sorgt für höhere Datensicherheit. **Bild 5** zeigt diesen Recorder eingebaut in ein Crash-Fahrzeug. Die Untersuchung von Körperschall-Emissionen ist nicht nur für die Ent-

wicklung von Crash-Sensoren relevant. Auch bei der Prozess-, Werkzeug- und Maschinenüberwachung in der spanabhebenden, trennenden und umformenden Fertigung werden so genannte „Acoustic Emission“-Sensoren (AE-Sensoren) eingesetzt. **Bild 6** zeigt die gemessenen Parameter in einer An-

wendung von AE-Sensoren in einem Zugversuch.

Eine andere denkbare Anwendung ist die zerstörungsfreie Prüfung von mechanisch stark belasteten Komponenten wie Druckbehältern und Rohrleitungssystemen. Die genannten Transientenrecorder sind auch für den Anschluss von AE-Sensoren geeignet und decken deren Arbeitsbereich mit typischen Bandbreiten von 50 kHz bis 1000 kHz ab. Mit ihren 8 bzw. 16 differenziellen Analog-Eingängen lassen sich mehrere AE-Sensor-Signale gleichzeitig erfassen und zusammen mit weiteren Maschinenparametern aufzeichnen und auswerten. Die Anbindung an den Rechner erfolgt wahlweise via Ethernet, USB oder SCSI. Als Software steht mit LTTview eine intuitiv bedienbare Oberfläche für die Steuerung der Erfassung und die Visualisierung der Messdaten mit integrierter Online-Mathematik zur Verfügung. Die erfassten Messsignale lassen sich direkt im gewünschten Datenformat speichern – DIAdem, Famos, µGraph oder LTT-Format. Ein Exportieren der Messdaten ist damit überflüssig. Weitere Dateiformate wie Matlab, DasyLab und ASCII werden als Exportformat angeboten.

Joachim Hachmeister/ha