

Randbedingungen der Körperschallausbreitung im Fahrzeug zur Crasherkenntung

Marinus Luegmair

Institut für Angewandte Forschung, FH Ingolstadt, 85049 Ingolstadt, Deutschland, Email: marinus.luegmair@fh-ingolstadt.de

Einführung und Zielsetzung

Zur Erweiterung der heute üblichen Crashesensorik wird als zusätzliche Information das während des Crash entstehende Körperschallsignal der Fahrzeugkarosserie mit ausgewertet.

Die Messung des Körperschallsignals erfolgt dabei nicht in der Deformationszone sondern zentral im Fahrzeuginneraum mittels eines speziellen Airbagsteuergerätes. Durch diesen Aufbau beinhaltet die Messkette einen Großteil des Fahrzeuges als Übertragungsweg. Deshalb muss dieser Ausbreitungsweg betrachtet werden und in die Entwicklung entsprechender Sensierungssysteme einbezogen werden.

Neben theoretischen und messtechnischen Betrachtungen der zugrunde liegenden Ausbreitungsvorgänge gewinnt die Simulation eine immer größere Bedeutung. Da die messtechnische Bewertung erst sehr spät im Entwicklungsprozess, nämlich wenn erste Prototypen zur Verfügung stehen, erfolgen kann, müssen geeignete Simulationsverfahren vorhanden sein die bereits im virtuellen Stadium eine Untersuchung der Körperschalleitfähigkeit ermöglichen. Diese Verfahren sollten möglichst effizient den Entwicklungsprozess unterstützen [1].

Ableitung der Randbedingungen

Ein ideales Simulationsverfahren liefert exakte Ergebnisse bei geringem Aufwand in der Modellierung aber auch bei geringem Rechenleistungs- und Speicherbedarf während der Berechnung [2].

Ein solch ideales Verfahren kann aber nur ausgewählt oder entwickelt werden, wenn die Randbedingungen und somit die Anforderungen an das Verfahren bekannt sind.

Allgemeiner Fall

Betrachtet man die Fahrzeugkarosserie als Übertragungsmedium mit der Übertragungsfunktion H , so führen die vorhandenen Randbedingungen zu den Parameter von denen die Übertragungsfunktion abhängt. Ein mechanisches System besitzt immer eine Abhängigkeit von der Frequenz f [2]. Durch den Crashvorgang wird das Fahrzeug mit einer Kraft belastet, die zu einer Veränderung des Schwingungsverhaltens [3] und somit zu einer Abhängigkeit von der Belastung F führt. Des Weiteren ergeben sich im Crashvorgang große Deformationen. Somit muss die Deformation u mit ihrer entsprechenden Abhängigkeit beachtet werden [4]. Durch diese großen Deformationen werden die Materialien in der Crashzone zusätzlich über ihren linearen Bereich hinaus belastet, wodurch sich eine

Abhängigkeit von der lokal auftretenden Spannung σ ergibt [5]. In diesem nichtlinearen Bereich des Materials ist sein Verhalten des Weiteren von der lokalen Dehnrate $\dot{\epsilon}$ abhängig [6].

Dies ergibt in Summe ein stark zeitabhängiges System, da sowohl Spannungen, Deformation als auch Dehnrate sich über der Zeit t innerhalb des Crashes ändern.

Dies lässt sich zusammenfassen in einer allgemeinen Übertragungsfunktion mit ihren Abhängigkeiten

$$H = H_{(f,F,u,\sigma,\dot{\epsilon},t)} \quad (1)$$

Aufteilung des Fahrzeuges

Basierend auf den Untersuchungen der Kooperationspartner Audi AG Ingolstadt und Continental AG Regensburg lässt sich das Fahrzeug unterteilen.

Denn die FEM-Simulation verschiedener Crashszenarien zeigt, dass die plastische Deformation nur einen Teilbereich der Fahrzeugstruktur betrifft, in dem zusätzlich die Körperschallentstehung abläuft und der deshalb als Körperschallentstehungsbereich bezeichnet wird.

Im Gegenzug hierzu ergibt sich hinter der Deformationszone auf dem Weg zum Airbagsteuergerät ein großer Fahrzeugbereich der nicht deformiert wird. Innerhalb dieses Bereiches findet nur die Körperschalleitung zum Messort hin statt und somit wird er als Körperschallausbreitungsbereich bezeichnet.

Die Lage der Grenze hängt vom Zeitpunkt innerhalb des Crashgeschehens ab, da das deformierte Gebiet während des Crash wächst.

Für die Anwendung der körperschallbasierten Crasherkenntung muss die Zündentscheidung für den Airbag bereits sehr früh erfolgen [1], deshalb lässt sich für diesen Fall eine maximale Deformation der Fahrzeugstruktur bis zum Ende der Crashbox ableiten und die Grenze zwischen beiden Gebieten festlegen, Abbildung 1.

Vereinfachung der Teilgebiete

Für den Körperschallentstehungsbereich ergibt sich keine Vereinfachungsmöglichkeit, da hier alle genannten Effekte auftreten. Somit gilt

$$H_{Entstehung} = H_{(f,F,u,\sigma,\dot{\epsilon},t)} \quad (2)$$

Der Bereich der Körperschallausbreitung kann jedoch vereinfacht werden. Hier treten keine Deformationen und nur lineares Materialverhalten auf, so dass keine Abhängigkeit von u , σ oder $\dot{\epsilon}$ auftritt.

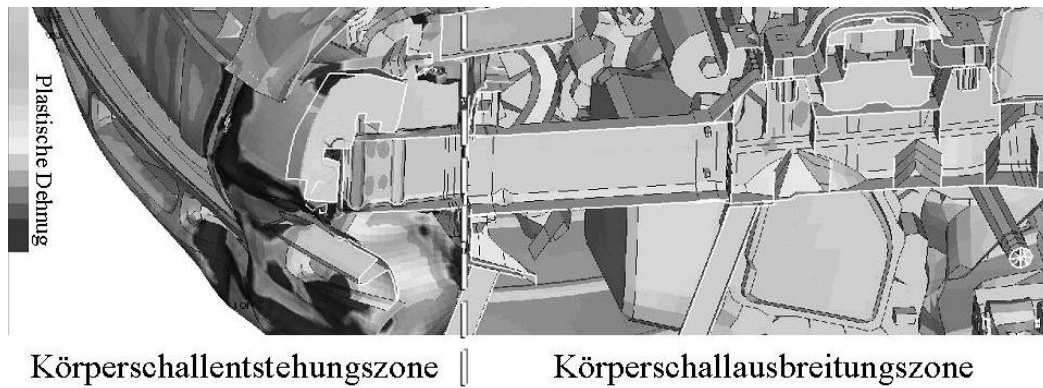


Abbildung 1: FEM-Simulation eines Fahrzeugcrashes die zeigt, dass die Struktur bezüglich der Körperschallausbreitung in einen nichtlinearen Entstehungs- und einen linearen Ausbreitungsbereich zerlegt werden kann.

Die zeitlich veränderliche Kraftbeaufschlagung erfährt aber auch dieser Bereich, wodurch die Abhängigkeit von F und t bestehen bleibt. Für diesen Bereich gilt

$$H_{\text{Ausbreitung}} = H_{(f,F,t)} \quad (3)$$

Folgerungen für die Simulation

Auf Grund dieser Randbedingungen kann jeweils das optimale Simulationsverfahren für beide Bereiche ausgewählt bzw. erarbeitet werden.

Entstehungsbereich

Basierend auf Gleichung (2) kann dieser Bereich nur durch eine FEM-Simulation mit dem zugehörigem Aufwand abgedeckt werden. Hier müssen Modelle für die Materialeigenschaften und die großen Deformationen hinterlegt werden um die Nichtlinearitäten innerhalb der Körperschallausbreitung betrachten zu können. Gleichzeitig ist es möglich die Körperschallentstehung mit abzubilden, so dass keine zusätzliche Simulation nötig ist.

Ausbreitungsbereich

Da der Ausbreitungsbereich weniger Nichtlinearitäten besitzt (Gleichung (3)) kann hier mit einfacheren und schnelleren Verfahren gearbeitet werden.

Lässt man die Belastungs- und somit auch die Zeitabhängigkeit außer acht, so ergibt sich lediglich die klassische frequenzabhängige Übertragungsfunktion. Für diesen Fall bieten sich bekannte Verfahren wie die Transmission-Line-Methode, die Statistical-Energy-Analysis oder andere energiebasierte Verfahren an [1].

Es gibt drei Möglichkeiten die vorhandene Belastungsabhängigkeit zu behandeln. Entweder wird eine aufwändige FEM-Simulation gemacht bei der sie automatisch mit betrachtet wird. Oder es kann alternativ mit einer entsprechenden zeitvarianten Übertragungsfunktion gearbeitet werden um die die genannten Simulationsverfahren erweitert werden müssen. Die dritte Möglichkeit ist es nachzuweisen, dass die Belastungsabhängigkeit bei den Anforderungen

der körperschallbasierten Crasherkenkung einen vernachlässigbaren Einfluss hat.

Zusammenfassung und Ausblick

Es lässt sich zeigen, dass für die Simulation der körperschallbasierten Crasherkenkung das Fahrzeug in zwei Bereiche zerlegbar ist.

Zum einen in die nichtlineare Körperschallentstehungszone welche nur mittels FEM abgebildet werden kann. Zum anderen in das Körperschallausbreitungsgebiet, welches bis auf die Belastungsabhängigkeit linear und somit für weniger aufwändige Simulationsverfahren zugänglich ist.

Um die Körperschallausbreitung jedoch mit einfacheren Verfahren bearbeiten zu können, müssen entweder diese Verfahren angepasst werden, damit sie den Belastungseinfluss mit abbilden können, oder aber es muss gezeigt werden, dass der Einfluss der Belastung unter den gegebenen Randbedingungen vernachlässigbar klein ist.

Literatur

- [1] Luegmair, M.; Oestreicher, L.: Körperschallausbreitung als wichtiger Einfluss auf die Crasherkenkung. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift (2008), 160 - 165
- [2] Fahy, F.; Walker, J.G.: Advanced Applications in Acoustics, Noise and Vibration. Spon Press; London / New York, (2004)
- [3] Tang, S.: Wave Propagation in Initially-Stressed Elastic Solids. Acta mechanica 4 (1967), 92 -106
- [4] Fidlin, A.: Nonlinear Oscillations in Mechanical Engineering. Springer Verlag; Berlin, (2006)
- [5] Palmov, V.: Vibrations of Elasto-Plastic Bodies. Springer Verlag, Berlin, (1998)
- [6] König, L.: Dehnungsabhängigkeit der Materialparameter. Dissertation, Universität der Bundeswehr München (2007)