

# **Simulation des Türverkleidungsverhaltens im Seitenaufprall am Beispiel eines aktuellen Fahrzeugprojekts bei der Adam Opel GmbH**

B. Lauterbach

Adam Opel GmbH, ITDC Rüsselsheim, Germany

## **Abstract:**

The behaviour of the door trim is an important aspect of side impact crash, due to its proximity to the dummy. Therefore, its detailed modelling in a side impact CAE analysis is necessary to predict properly the risk of injury for the occupant and to improve unfavourable design proposals in an early product development stage.

This paper is based on experience in the Opel Corsa project for door trim modelling in side impact analysis. Modelling is explained and discussed showing achievements as well as room for improvement.

## **Keywords:**

Türverkleidung, Materialmodellierung, Seitenaufprall

## 1 Die Türverkleidung als sicherheitsrelevantes Bauteil in der Fahrzeugentwicklung

Aufgrund des hohen Kostendrucks und der immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten in der Automobilindustrie wächst die Bedeutung der numerischen Simulation als Werkzeug in der Fahrzeugentwicklung. Als Konsequenz daraus ergibt sich für die Simulation die Anforderung, alle sicherheitsrelevanten Bauteile im Fahrzeug abbilden zu können. Um dieser wachsenden Verantwortung gerecht zu werden, müssen die Simulationsmethoden ständig weiterentwickelt werden, um die Vorhersagegenauigkeit zu verbessern.

In den vergangenen Jahren wurden bereits erhebliche Fortschritte bei der Simulation von Seitenaufpralltests erzielt. Die Bemühungen galten zunächst der genauen Abbildung der Barriere und der Fahrzeugstruktur. Neben der Fahrzeugstruktur beeinflussen jedoch auch Verkleidungsteile in erheblichem Maße das Verletzungsrisiko der Insassen im Fahrzeugcrash. Durch ihre Nähe zum Insassen und somit der Möglichkeit des direkten Kontaktes mit ihm, sind insbesondere Türverkleidungen im Seitenaufprall als sicherheitsrelevante Bauteile anzusehen. Die eingesetzten Materialien und Fügeverfahren stellen bei der Modellbildung für die numerische Simulation eine besondere Herausforderung dar [1].

## 2 Modellbildung für die Opel Corsa Türverkleidung

Im Gegensatz zur üblichen metallischen Fahrzeugstruktur bestehen Verkleidungsteile aus einer Vielzahl unterschiedlicher verstärkter oder unverstärkter Kunststoffe wie Polypropylen, Polyamid, Polycarbonat oder Holzfasermaterial. Eine Türverkleidung wird üblicherweise aus unterschiedlichen, meist im Spritzgussverfahren hergestellten Komponenten zusammengesetzt, die über verschiedenartige Verbindungstechniken (z.B. Clipse, Nieten, Schweißverbindungen) zusammengefügt sind.



Bild 1: Aufbau der Türverkleidung des Opel Corsa

Um das Verhalten einer Türverkleidung im Seitenaufprall vorhersagen zu können, müssen - nicht anders als bei der Simulation der Fahrzeugstruktur - die dynamischen Eigenschaften der eingesetzten Materialien sowie der verschiedenen Verbindungselemente genau bekannt sein. Diese Informationen müssen im Simulationsmodell adäquat umgesetzt werden.

### 2.1 Materialdaten

Die Beschreibung der für Innenraumbauteile eingesetzten Materialien zur Simulation von Crashlastfällen stellt häufig eine Schwierigkeit dar. In Ermangelung spezieller Materialmodelle für Kunststoffe wird in der Praxis häufig mit Modellen gearbeitet, die zur Beschreibung von Metallen entwickelt wurden.

Ein Standardverfahren bei der Ermittlung von Materialdaten für die Crashsimulation ist die Durchführung von dynamischen Zugversuchen an Schulterproben. Wird dabei eine lokale Dehnungsmessung durchgeführt, können die gemessenen Dehnungen und die aus der zugehörigen Kraftmessung berechneten Spannungen als Eingabekurven in FE-Codes (z.B. Mat24 in LS-DYNA [2]) verwendet werden. Es ist jedoch bekannt, dass Kunststoffe eine ausgeprägte Zug-Druck-Asymmetrie aufweisen. Somit unterschätzt eine Ermittlung der Materialeigenschaften für Kunststoffe ausschließlich aus Zugversuchen z.B. deren Biegesteifigkeit [3]. Während ein auf diese Art und Weise erstelltes Materialmodell für Bauteile unter Zugbelastung gut zu verwenden ist, ist es für überwiegend biege- bzw. druckbeanspruchte Bauteile nur bedingt geeignet. In diesem Fall ist die Überprüfung und ggf. die Modifikation des Materialmodells anhand von einfachen Bauteilversuchen angeraten.

In der Opel Corsa Türverkleidung wird ein Energieabsorber eingesetzt, der aus im Spritzgussverfahren hergestellten becherförmigen Strukturen besteht, die sich im Seitenaufprall unter einem bestimmten Kraftniveau zusammenfallen sollen. Neben einer guten geometrischen Abbildung des Bauteils ist eine exakte Beschreibung des Materialverhaltens von entscheidender Bedeutung, um das Kollabieren der becherförmigen Strukturen mit ausreichender Genauigkeit abbilden zu können. Zur Validierung des Materialgesetzes wurden bei der Firma Faurecia Interior Systems GmbH Fallturmversuche an Prototypen des Energieabsorbers durchgeführt. Bei Verwendung einer auf Basis von Zugversuchen entwickelte Materialkarte für LS-Dyna Mat24 [2] wurden bei der Simulation der Fallturmversuche die Maximalkraft und das Energieabsorptionsverhalten zunächst deutlich unterschätzt. Somit musste die Materialbeschreibung modifiziert werden, um den Fallturmversuch besser abzubilden.

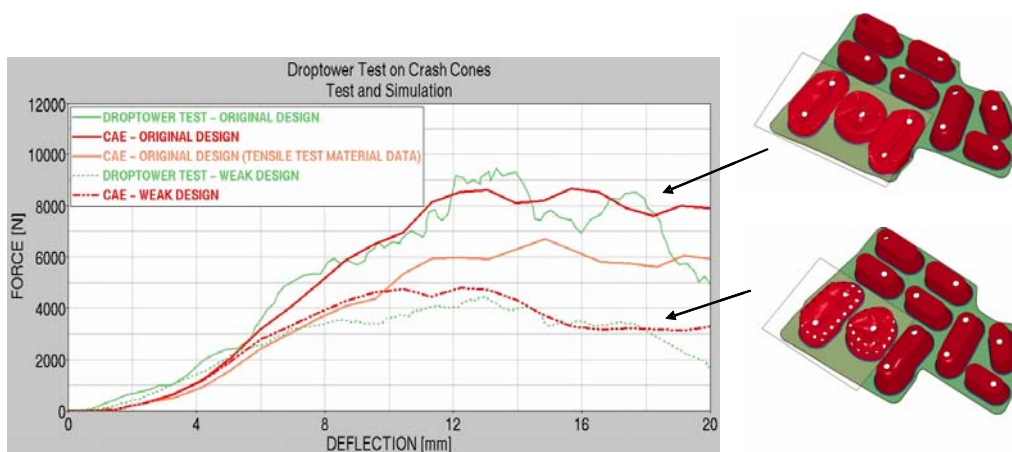


Bild 2: Ergebnisse aus Fallturmversuchen

Eine Anpassung an einen Fallturmversuch wurde ebenfalls für die Armlehne der Türverkleidung des Opel Corsa notwendig. Diese besteht aus einem naturfaserverstärkten Kunststoff. Im hier betrachteten Fall wurde zur Reduktion der Insassenbelastung im Seitenaufprall bewusst ein Material ausgewählt, das unter Biegebeanspruchung auf der Zugseite reißt, ohne dass es zum Durchriss kommt. Zusätzlich wurde der Bereich der Armlehne gezielt durch Reduktion der Dichte des Werkstoffs geschwächt. Da in diesem Fall die Rissbildung eine gewünschte Eigenschaft des Materials war, musste das Simulationsmodell für den Seitenaufprall dazu in der Lage sein, diese Rissbildung realitätsnah zu erfassen. Um dies zu gewährleisten, wurden ebenfalls Fallturmversuche mit einer dem Seitenaufprall ähnlichen Belastung auf die Armlehne durchgeführt. Diese Versuche wurden zur Kalibrierung des Modells für die Armlehne herangezogen.

Bei der Modellierung wurde das Bauteil bestehend aus zwei Lagen modelliert: die Modellierung der ersten Schicht erfolgte mit Hilfe eines elastisch-plastischen Materialgesetzes mit Versagen, wohingegen die zweite Lage aus einem biegeweichen Material ohne Versagen abgebildet wurde. Somit kann die Schwächung der Struktur durch Rissbildung ohne Verlust der strukturellen Integrität abgebildet werden. Für die Simulation ergibt sich zusätzlich der Vorteil, dass die Kontaktflächen zum Airbag bzw. Dummy keine freien Ränder enthalten, die durch Rissflanken erzeugt würden und sehr lokale Kontaktkräfte übertragen können.

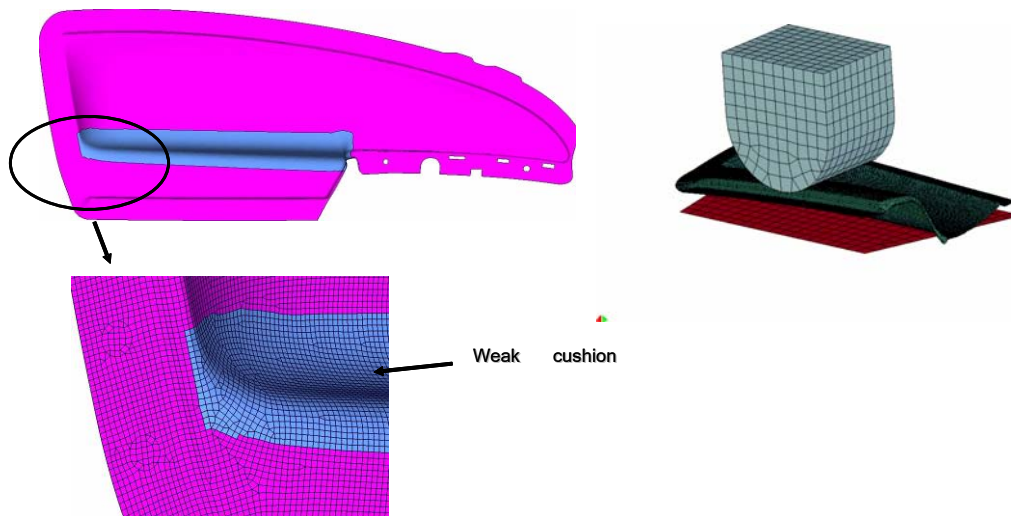


Bild 3: Modellierung der Armlehne

Bei dieser sehr stark vereinfachenden Art der Modellbildung des komplexen Materialverhaltens, ist die Übertragbarkeit der entwickelten Materialbeschreibung auf andere Lastfälle nicht gewährleistet und sollte nicht unkritisch erfolgen. Somit ist die Grundvoraussetzung einer Materialbeschreibung als vom Lastfall unabhängige Charakterisierung nicht gewährleistet. Daher ist es für die Zukunft notwendig, sich verstärkt mit dem mechanischen Verhalten dieser Werkstoffe unter hochdynamischen Beanspruchungen zu beschäftigen.

## 2.2 Verbindungstechnik

Die unterschiedlichen Teile der Türverkleidung sind überwiegend mittels Ultraschallverschweißung miteinander verbunden. Bei diesem Fügeverfahren werden zwei oder mehr Kunststoffteile folgendermaßen verbunden. An einen Partner der Verbindung werden entlang des zu verbindenden Flansches zylindrische Röhren angespritzt. Die anderen Partner der Verbindung sehen an den entsprechenden Stellen Aussparungen vor und können somit über die Röhren gesteckt werden. Die Verbindung wird fixiert indem mit Hilfe von Ultraschall die Enden der Röhren zu Köpfen verschmolzen werden. Dabei müssen die Flansche anders als bei der im Karosseriebau bekannten Schweißtechnik nicht parallel verlaufen. Dadurch ergeben sich bei der Türverkleidung je nach Position Ultraschallverschweißungen, die nur einige Millimeter oder bis zu 2cm lang sind. Daher können die Modellierungstechniken aus der Karosserieverschweißung nicht unmodifiziert übernommen werden.

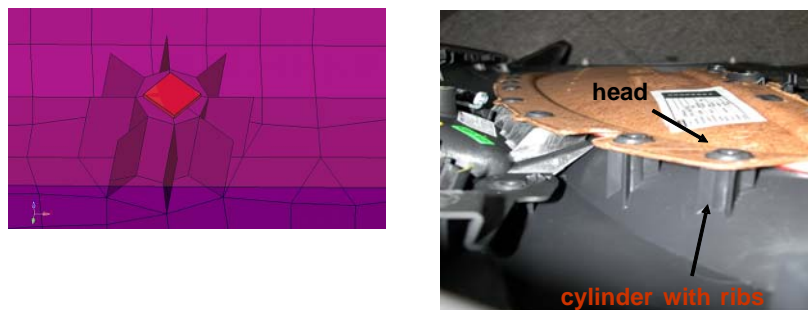


Bild 3: Modellierung einer Ultraschallverschweißung

Für die Simulation der Türverkleidung wurden die Röhren mit samt ihrer Verrippungen detailliert abgebildet, um die unterschiedlichen Steifigkeiten berücksichtigen zu können. Der Schweißkopf wurde

mit Hilfe eines „Solid Spotweld Elementes“ [2] modelliert, dem ein Versagenskriterium für Zug und Schub zugeordnet wurde (siehe Bild 3).

Die benötigten Versagenskräfte wurden anhand von quasistatischen Zug- und Scherversuchen sowie dynamischen Zugversuchen an einzelnen Ultraschallschweißnieten abgeschätzt. Mit Hilfe dieser Modellierung ist es gelungen, die kritischen Verschweißungen im Seitenaufprall zu ermitteln, und konstruktive Änderungen konnten mit Hilfe von CAE entwickelt werden.

Da die vorgestellte Modellierung der Verbindung nicht unabhängig von der Vernetzung der Fügepartner ist, eignet sie sich bisher eher für Untersuchungen in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium der Bauteile, in dem nur noch in wenige Bereiche eingegriffen werden muss. Eine Modellierung, die keine Anpassung des FE Netzes bei Verschiebung der Position der Ultraschallverschweißung erfordert, ist weiterhin erstrebenswert.

### 3 Vergleich der Simulationsergebnisse mit dem Seitenaufpralltest

Mit dem erstellten Simulationsmodell war es möglich, das Verhalten der Türverkleidung im Seitenaufprall realitätsnah abzubilden. Bild 4 zeigt den Vergleich zwischen Test und Simulation am Beispiel des Euro NCAP Seitenaufpralls.

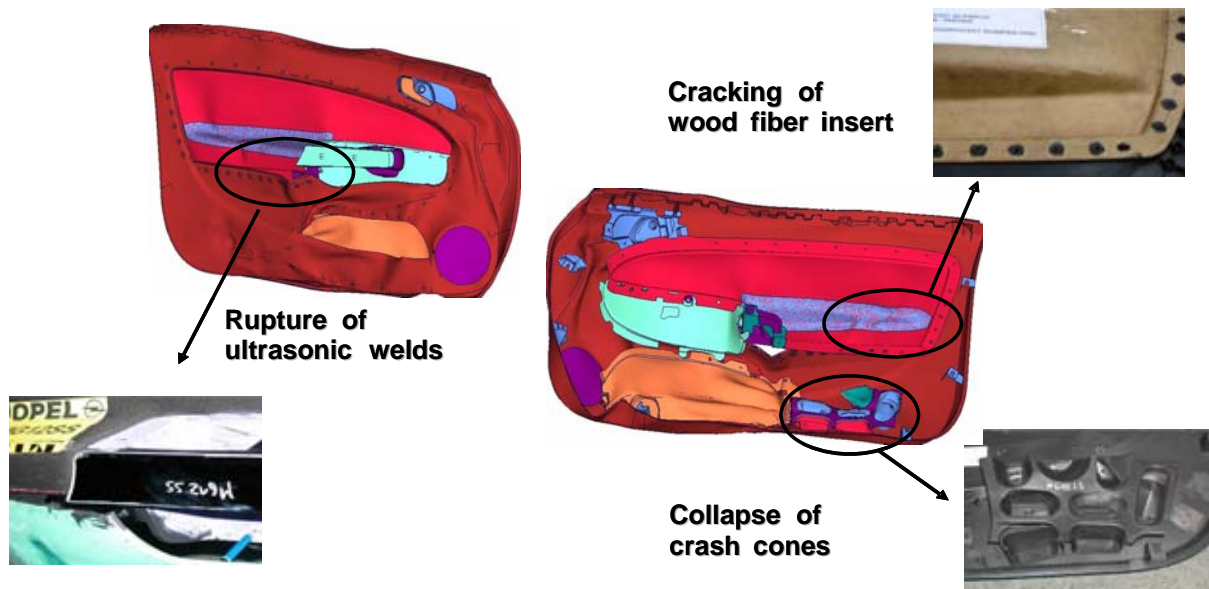


Bild 4: Simulation und Ergebnisse aus dem Euro NCAP Seitenaufprall

### 4 Zusammenfassung und Bewertung

Eine große Schwierigkeit bei der Simulation der Türverkleidung im Seitenaufprall besteht in der Materialbeschreibung und der Modellierung der Verbindungstechnik zwischen den einzelnen Bauteilen der Türverkleidung. Mit Hilfe geeigneter Vorversuche (z.B. Fallturmtest) und Validierung des Simulationsmodells anhand dieser Versuche war es möglich, ein Simulationsmodell für die Türverkleidung des Opel Corsa zu erstellen, das in der Lage ist, das Verhalten der Türverkleidung im Seitenaufprall realitätsnah vorherzusagen.

Dieses Vorgehen setzt allerdings die physikalische Existenz von Bauteilen voraus, mit denen die Validierungsversuche durchgeführt werden können. Diese stehen zu Beginn eines Fahrzeugprojektes jedoch selten zur Verfügung. Aufgrund der Vielzahl von Materialien und Verbindungstechniken, die für Innenraumanwendungen verwendet werden, können Ergebnisse aus vorangegangenen Fahrzeugpro-

jekten nur eingeschränkt verwendet werden. Die Notwendigkeit einer verbesserten Materialbeschreibung für alle Arten von Kunststoffen bleibt somit bestehen, wie sie z.B. in [3] und [4] zu finden sind.

## 5 Literatur

- [1] B. Lauterbach, Ansätze zur Vorhersage des Türverkleidungsverhaltens im Seitenaufprall, VDI Tagung Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau, Würzburg 2006
- [2] LS-Dyna Keyword User's Manual, Version 970, Livermore Software, April 2003
- [3] S. Kolling, A. Haufe, M. Feucht, P.A. Du Bois, SAMP-1: A Semi-Analytical Model for the Simulation of Polymers, 4. LS-DYNA Anwenderforum, Bamberg 2005
- [4] S. Frik, M. Erzgräber, A. Wüst, S. Glaser, Entwicklung eines thermoplastischen Lower Bumper Stiffeners für den Fußgängerschutz, VDI Tagung Kunststoffe im Automobilbau, Mannheim 2006