

Innovative Produkte bleiben nur dann langfristig innovativ, wenn die Methoden, mit denen sie entwickelt werden, „mitwachsen“.

Bild: Porsche oder Daimler



TECHNOLOGIETRANSFER SORGT FÜR STETS AKTUELLE ENTWICKLUNGS- UND SIMULATIONSMETHODEN

# Gemeinsam zum **Erfolg**

In der Automobilentwicklung hat sich die Simulation neben Konstruktion und Testing zu einer unverzichtbaren Säule entwickelt. Doch nicht nur die zu entwickelnden Produkte gilt es stetig weiterzuentwickeln, sondern auch die Methoden des Innovationsprozesses. Eine Schlüsselrolle möchte hier das Automotive Simulation Center Stuttgart e.V. – asc(s) einnehmen.

VON ALEXANDER F. WALSER UND DR. AXEL SCHUMACHER

Die Vorteile sind immens: Bereits in der frühen Phase der Fahrzeugentwicklung lässt sich das konzeptionelle Layout durch verschiedene Varianten virtueller Modelle abbilden. Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse über das Systemverhalten unterschiedlicher Konzepte erleichtern die Entscheidungsfindung und treiben den Entwicklungsprozess schnell voran. Zudem bieten Simulationsmethoden die Möglichkeit, detaillierte Untersuchungen und Optimierungen durch parametrisierte Modelle durchzuführen, noch bevor ein erster realer Prototyp gebaut werden muss.

Das alles beschleunigt nicht nur den Entwicklungsprozess, sondern ermöglicht auch die Entwicklung kostengünstiger Produkte mit verbesserten Eigenschaften.

Die Bandbreite an Simulationsmethoden ist vielfältig und die Handhabung erfordert einen weitgehend erfahrenen Anwender. Nicht nur die Produktkomplexität steigt stetig, auch der Entwicklungsprozess selbst erfordert immer mehr Quervernetzungen zwischen einzelnen Entwicklungsdisziplinen und den dort eingesetzten Simulationsmethoden.

Das bedeutet: Neue und vor allem virtuelle Entwicklungs- und Testumgebungen müssen her, um die enorme Komplexität der zusammenspielenden Systemkomponenten und den hohen Integrationsaufwand für Automobilhersteller und Zulieferer mit den Anforderungen in Einklang zu bringen, Anforderungen an Sicherheit, Effizienz, Performance, Komfort, Bedienerfreundlichkeit und Kundenakzeptanz.

Zunehmend hält auch IT in Form von Fahrzeugvernetzung und autonomem Fahren Einzug und stellt die Automobilbranche insgesamt vor große Herausforderungen.

## Den Herausforderungen stellen

Die technischen und zeitlichen Herausforderungen im Innovationsprozess gilt es auch auf die Entwicklung und Verknüpfung neuer Methoden zu übertragen, die damit ebenfalls schneller und zunehmend vernetzt zu entwickeln sind. Mit dem Automotive Simulation Center Stuttgart beispielsweise kann die Automobilindustrie auf eine Plattform zurückgreifen, die es sich zum Ziel gesetzt hat, eine solche Treiberrolle in der Methodenentwicklung einzunehmen.

Das Automotive Simulation Center Stuttgart ist ein gemeinnütziger Verein für Know-how-Träger aus dem Bereich Automotive Simulation. Es wurde im Jahre 2008 mit Rückenwind aus der deutschen Automobilindustrie und der finanziellen Unterstützung des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg ins Leben gerufen. Als Technologietransferplattform bündelt es in seinem Mitgliederkreis die Kompetenzen von Automobilherstellern, Zulieferern, Softwareherstellern (Independent Software Vendors – ISVs), Hardwareherstellern (Independent Hardware Vendors – IHVs), Ingenieurdienstleistern, wissenschaftlichen Einrichtungen und Forschern.

„Immer mehr Unternehmen identifizieren das Potential des asc(s). Wir freuen uns, dass wir seit diesem Jahr neben den Gründungsmitgliedern Daimler, Opel und Porsche mit Honda einen weiteren OEM zu unserem Mitgliederkreis zählen dürfen“, kommentiert Alexander F. Walser, Geschäftsführer des asc(s). „Das asc(s) eröffnet seinen Mitgliedern die Möglichkeit, neue Simulationsmethoden für die virtuelle Fahrzeugentwicklung schnell und effizient voranzutreiben – insbesondere wenn diese hohe Anforderungen an die Rechenleistung und das Datenaufkommen stellen.“

Im Bereich High Performance Computing (HPC) kooperiert das asc(s) eng mit dem Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS). So können die Mitglieder bei Projektvorhaben im Bereich der Methodenentwicklung auf die hochmodernen und sicheren HPC-Architekturen am HLRS zurückgreifen. Zudem gewährleistet dieses Vorgehen, dass die neu entwickelten Methoden auch optimal mit modernen Hardwarearchitekturen zusammenarbeiten. Die Themengebiete am asc(s) erstrecken sich aktuell über fünf Cluster mit jeweils sich ergebenden weiteren Unterthemen:

- **Fahrzeugantrieb** – Entwicklung und Optimierung konventioneller und alternativer Antriebstechnologien zur Steigerung von Energieeffizienz und Fahrdynamik.
- **Fahrzeugstruktur** – Optimierung von Gewicht und Kosten durch innovativen Leichtbau bei höchster Qualität, Sicherheit und Ressourceneffizienz.
- **Fahrzeugphysik** – Abbildung physikalischer Effekte und Zusammenhänge zur Erhöhung von Funktionalität, Zuverlässigkeit und Komfort.

**Transferleistung:** Das Automotive Simulation Center bringt Autohersteller, Zulieferer, Soft- und Hardwarehersteller, Ingenieurdienstleister, wissenschaftliche Einrichtungen und Forscher an einen Tisch.

Bild: asc(s)



- **Fahrzeug-IKT** – Methoden zur Auslegung und Absicherung im virtuellen Fahrversuch: Fahrerassistenzsysteme, höchst automatisiertes Fahren, Fahrzeugvernetzung, Human Machine Interface (HMI) und Verkehrsflussoptimierung.
- **Numerik und Digitalisierung** – Optimierung von CAE-Solver-Technologien und Erforschung/Entwicklung neuer HPC- und IT-Landschaften für Cloud Computing, Smart and Big Data, Industrie 4.0 und Internet der Dinge.

#### Impulse geben und verstärken

Workshops sind fester Bestandteil der asc(s)-Kultur. Dort diskutieren Verantwortliche neue Lösungsansätze für künftige Herausforderungen, loten Potentiale aus und schließen Kooperationen. Dabei fungieren die Automobilhersteller und Zulieferer als Impulsgeber für die Erforschung und Entwicklung neuer Methoden im Bereich Automotive Simulation. Sie profitieren von der hohen Innovationsdichte der Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die Forschungseinrichtungen greifen Impulse aus der Wirtschaft auf und verknüpfen sie mit den theoretischen Erregenschaften ihres Fachgebiets.

So findet ihre Grundlagenforschung schnell den Weg in industriell nutzbare Anwendungen. Die Soft- und Hardwarehersteller als auch Ingenieurdienstleister im asc(s) besitzen wertvolles Know-how zur Realisierung von Simulationsprojekten. Mit der gebündelten Expertise seiner Mitglieder treibt das asc(s) innovative Projekte entscheidend voran. Dabei werden neben Industriemitteln auch Fördermöglichkei-

ten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene einbezogen. Die entwickelten Methoden werden im industriellen Umfeld validiert und das gewonnene Know-how dem Mitgliederkreis zur Verfügung gestellt.

„Hier beziehen wir auch kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) mit ein. Sie sind ein wichtiger Teil in der automobilen Zulieferkette und nutzen bislang nur einen Bruchteil des Potentials von HPC-Simulationen. Mit unseren Aktivitäten am asc(s) wollen wir einen Beitrag dazu leisten, dieses Potential für KMUs zugänglich zu machen“, erklärt Geschäftsführer Walser. „Die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Keyplayern bietet allen Mitgliedern einen hohen Mehrwert. Deshalb möchten wir unser Netzwerk weiter ausbauen und weitere spannende Projektvorhaben umsetzen.“

Als ein Beispiel dieser Kooperationen beschreibt der nachfolgende Abschnitt eine neue Methode zur Form- und Topologieoptimierung von crash-beanspruchten Strangpressprofilen.

#### Beispiel: Optimierung von crashbelasteten Strukturen

Die Auslegung von Crashstrukturen ist auch mit heutigen Rechermöglichkeiten immer noch sehr anspruchsvoll. Dies liegt

Anzeige  
1/8-quer  
90x60

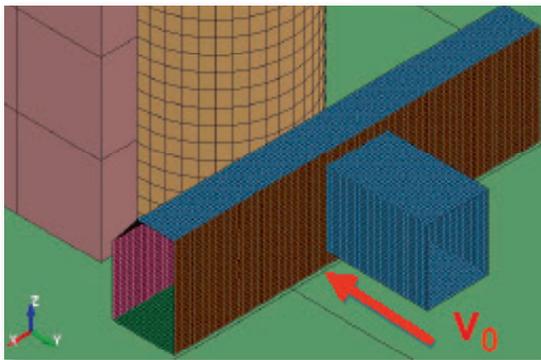


Bild 3: Finite-Elemente-Ersatzmodell für die Optimierung der Schwellerstruktur eines Fahrzeugs, Lastfall: Pfahlcash.

Bild: Bergische Universität Wuppertal

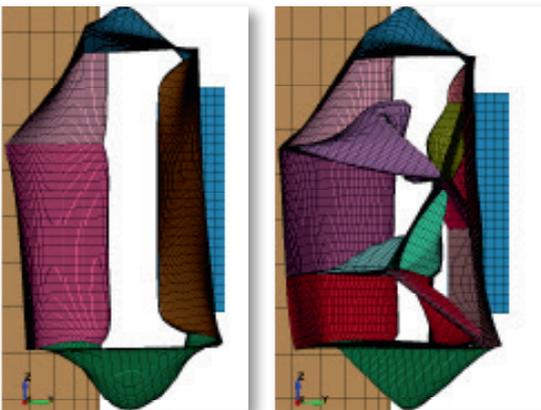


Bild 4: Maximale Deformation des leeren Schwellers (Startentwurf).

Bild: Bergische Universität Wuppertal

Bild 5: Maximale Deformation des optimierten Schwellers.

Bild: Bergische Universität Wuppertal

unter anderem daran, dass Crashstrukturen keine glatten Struktureigenschaften haben. Die Crashstrukturen weisen physikalische und auch rechnerische Verzweigungspunkte auf. Kleine Änderungen der Konstruktion können zu völlig anderem Strukturverhalten führen. Zudem gibt es, besonders für neu entwickelte Werkstoffe, wenig verlässliche Materialdaten. Die vorhandenen Materialdaten haben zudem herstellungsbedingt Streuungen, die zu berücksichtigen sind.

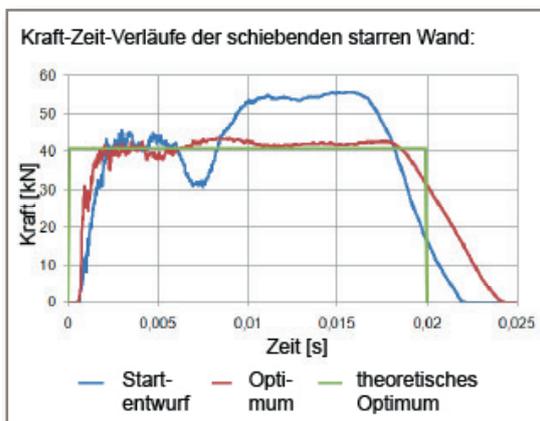


Bild 6: Kraft-Zeit-Verläufe der schiebenden starren Wand.

Bild: Bergische Universität Wuppertal

Von Seiten der numerischen Simulation kommt negativ hinzu, dass die Ergebnisse einer Finite-Elemente-Berechnung abhängig vom Berechnungsnetz sind. Die Simulationsmodelle sind für ein bestimmtes Design erstellt worden, moderate Änderungen sind möglich, eine sehr große Änderung kann jedoch zur Reduzierung der Berechnungsgüte führen.

Möchte man automatische Verfahren zur Gestaltung dieser Strukturen einsetzen, steigt die Komplexität noch einmal auf eine höhere Ebene. In diesem Kontext wurde an der Bergischen Universität Wuppertal das Verfahren zur kombinierten Form- und Topologieoptimierung entwickelt, das alle relevanten Crashlastfälle berücksichtigt. Dieses Verfahren ist besonders für den Entwurf von Strangpressprofilen aus Aluminium geeignet, weil dort die Design-Freiheiten sehr groß sind.

Das Verfahren teilt die Entwurfsaufgabe in eine innere Schleife zur Formoptimierung und eine äußere Schleife zur Topologieoptimierung auf. Die innere Optimierungsschleife wird mit mathematischen Optimierungsalgorithmen durchgeführt. Die äußere Schleife verwendet neben der Mathematik auch Heuristiken (Regeln), die aus Expertenwissen abgeleitet sind. Eine sehr flexible Beschreibung der Geometrie über Graphen (Eigenentwicklung) ist die Basis für die mit einem CAE-Programm und Finite-Element-Pre-Prozessor (beispielsweise HyperMesh) erzeugten Eingabedatensätze für die Crashtsimulationen (beispielsweise LS-Dyna).

Im Folgenden wird das Potenzial des Verfahrens an einem Fahrzeugschweller erläutert. Bild 3 zeigt einen Schwellerabschnitt, der mit einem Stück des Sitzquerträgers verbunden ist. Der Crash-Lastfall ist an den Euro-NCAP-Pfahlaufprall angelehnt. Die Struktur wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 29 Kilometern pro Stunde in negative y-Richtung gegen einen starren Pfahl bewegt. Um dem Lastfall noch zusätzliche Energie hinzuzufügen, befindet sich an dem anderen Ende des Sitzquerträgers eine starre Wand, die sich ebenfalls mit 29 Kilometern pro Stunde und einer Masse von 85 Kilogramm in negative y-Richtung bewegt. Zusätzlich werden noch zwei statische Lastfälle berücksichtigt.

Das Ziel der Optimierung ist eine Minimierung der maximal auftretenden Reaktionskraft an der schiebenden, starren Wand, die sich an dem einen Ende des Sitzquerträgers befindet. Durch dieses Optimie-

rungsziel wird ein möglichst gleichmäßiger Kraft-Zeit-, beziehungsweise Kraft-Weg-Verlauf angestrebt, da die Struktur gezwungen ist, die gesamte kinetische Energie des Lastfalls aufzunehmen, während das Kraftmaximum möglichst gering sein soll.

Die funktionalen Restriktionen orientieren sich an dem Startentwurf der Optimierung, einem leeren Schwellerprofil. Dessen Masse gilt es, während der Optimierung nicht zu überschreiten. Zudem müssen die Steifigkeitsrestriktionen in den Statik-Lastfällen erfüllt werden. Außerdem sind auch Fertigungsrestriktionen, die sich aus dem Prozess des Strangpressens ergeben, einzuhalten. Die Bilder 4 und 5 zeigen die Verformung des leeren Schwellers (Startentwurf) des optimalen Schwellers. In Bild 6 ist die Reaktionskraft der starren, schiebenden Wand über der Zeit aufgetragen. Es ist erkennbar, dass der optimale Entwurf einen fast optimalen Kraft-Zeit-Verlauf besitzt. Die Kraft steigt sehr rasch auf ein Niveau von etwa 43 Kilonewton und dieses Kraftniveau wird dann solange nahezu konstant gehalten, bis die Entlastung der Struktur einsetzt und die Reaktionskraft an der starren, schiebenden Wand wieder den Wert Null annimmt. Alle geforderten Restriktionen sind erfüllt.

## Fazit

Die dargestellte Methode steht kurz vor ihrem industriellen Einsatz und wurde an der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes unter der Koordination des asc(s) entwickelt. Das asc(s) hat bereits den Transfer zahlreicher Verfahren koordiniert, mit denen wurden inzwischen viele Optimierungen durchgeführt wurden. JBI |

*Schumacher, A.: Optimierung mechanischer Strukturen - Grundlagen und industrielle Anwendungen, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013, ISBN 978-3-642-34699-6.*

*Ortmann C.; Schuhmacher, A.: Graph and heuristic based topology optimization of crash loaded structures, Journal of Structural and Multidisciplinary Optimization (2013) 47:839-854.*

*Ortmann, C.: Entwicklung eines graphen- und heuristikbasierten Verfahrens zur Topologieoptimierung von Profilquerschnitten für Crashlastfälle, Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D, Lehrstuhl für Optimierung mechanischer Strukturen, Shaker Verlag, 2015, ISBN 978-3-8440-3746-3.*

Dipl.-Ing. Alexander F. Walser ist Geschäftsführer des Automotive Simulation Center Stuttgart e.V. – asc(s).

Prof. Dr.-Ing. Axel Schumacher ist Leiter des Lehrstuhls für Optimierung mechanischer Strukturen an der Bergischen Universität Wuppertal.