



**Energieeffiziente
Produkt- und
Prozessinnovationen in
der Produktionstechnik**

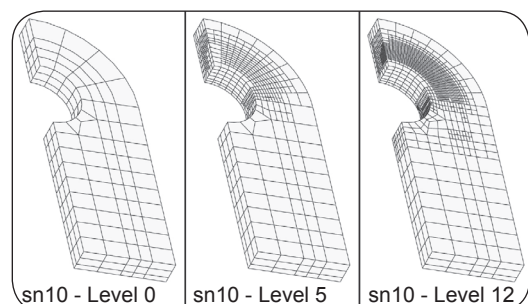
**Ein sächsischer
Spitzentechnologiecluster**

WERKSTOFFE UND STRUKTURE STRUKTURELLE AUSLEGUNG VON LEICHTBAUWEISEN

Adaptive FEM

Eine wichtige Voraussetzung für die Konstruktion von ressourcenoptimalen, effizienten Bauteilen ist eine möglichst genaue Simulation. Ziel der Forschung an der Professur Numerische Mathematik (Numerische Analysis) ist daher die Verbesserung der bestehenden Berechnungsverfahren für faserverstärkte Kunststoffe durch Anwendung und Anpassung der adaptiven Methode der finiten Elemente (aFEM).

Im Gegensatz zur klassischen FEM wird nicht ein einziges Problem auf einem festen Netz berechnet, sondern eine Serie von Problemen auf adaptiv verfeinerten Netzen. Durch automatische, lösungsabhängige Netzanpassung basierend auf einem lokalen Fehlerschätzer und den Einsatz eines



Adaptives 3D-Netz nach 0, 5 und 12 Verfeinerungen

iterativen Lösungsverfahrens mit hierarchischer Vorkonditionierung ist das Verfahren sowohl genauer als auch schneller im Vergleich zu klassischer FEM. Dadurch kann sowohl die Effizienz der zu konstruierenden Bauteile als auch die Effizienz des Konstruktionsprozesses gesteigert werden.

Transversal isotropes Materialverhalten

Faserverbundwerkstoffe können durch transversal isotropes Materialverhalten beschrieben werden. Dieses anisotrope Materialgesetz beachtet die höhere Steifigkeit in Faserrichtung. Im Rahmen von eniPROD wurde die zugehörige Elastizitätsmatrix in den bestehenden experimentellen adaptiven FEM-Code SPC-PM3Adh integriert sowie eine nötige Anpassung des Fehlerschätzers durchgeführt. Durch Angabe der Faserrichtung in Abhängigkeit vom Ort können beliebige Faserverläufe simuliert werden. Zur Simulation von dünnen Faserschichten jenseits der Auflösbarkeit stehen Layered-Solid-Elemente zur Verfügung.



Handlungsfeldleiter:

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Wielage
Tel.: 0371-531-36169
bernhard.wielage@mb.tu-chemnitz.de

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Arnd Meyer
Tel.: 0371-531-22520
arnd.meyer@mathematik.tu-chemnitz.de

Dipl.-Math. techn. Michael Weise
Tel.: 0371-531-38271
michael.weise@mathematik.tu-chemnitz.de

www.eniprod.eu



Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

STAATSMINISTERIUM
FÜR WISSENSCHAFT
UND KUNST



WERKSTOFFE UND STRUKTURE

STRUKTURELLE AUSLEGUNG VON LEICHTBAUWEISEN

Versagenskriterien

Durch Versagenskriterien erhält man Informationen über die Belastbarkeit und das Einsparpotential bei der Dimensionierung von Bauteilen. Somit lassen sich Kosten, Ressourceneinsatz, Gewicht und zur Bewegung benötigte Energie reduzieren.

Das Versagensmodekonzept nach Cuntze zeichnet sich durch fünf Bruchmoden aus, welche unabhängig voneinander ausgewertet oder zu einem re-

sultierenden Wert zusammengefasst werden können: Faserriss unter Zug, Faser-Scherbruch unter Druck, Matrixriss unter Zug, Matrix-Scherbruch in Faserebene und Matrix-Scherbruch in transversaler Ebene werden erfasst.

Anwendungsbeispiel faserverstärkte Kettenlasche

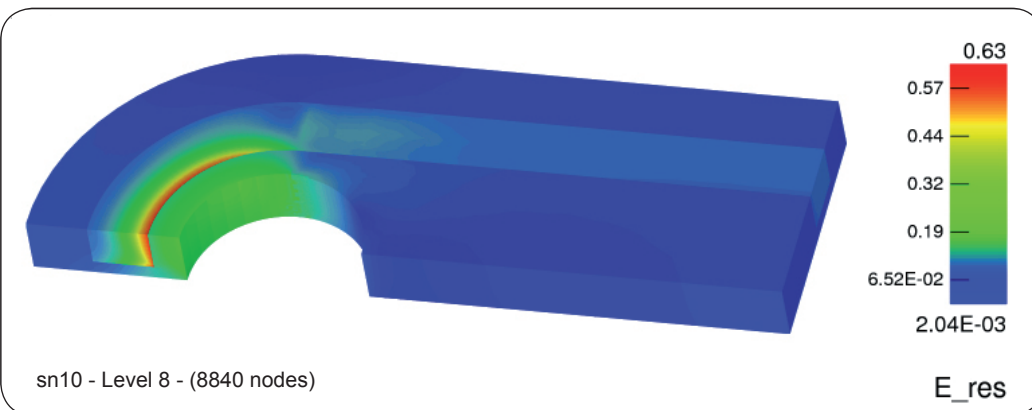
Ein Einsatzgebiet der adaptiven FEM innerhalb von eniPROD liegt in der schnellen Berechnung verschiedener

Bauteilvarianten. Abgeleitet vom Demonstrator einer Förderkette mit faserverstärkten Kettengliedern wurde eine vereinfachte Geometrie für Testrechnungen verwendet. Für eine einzelne Kunststoff-Kettenlasche mit einem schlaufenförmigen Einleger aus endlosfaserverstärktem Kunststoff wurden zahlreiche Simulationen durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Parameter auf Steifigkeit und Festigkeit des Bauteils zu untersuchen.

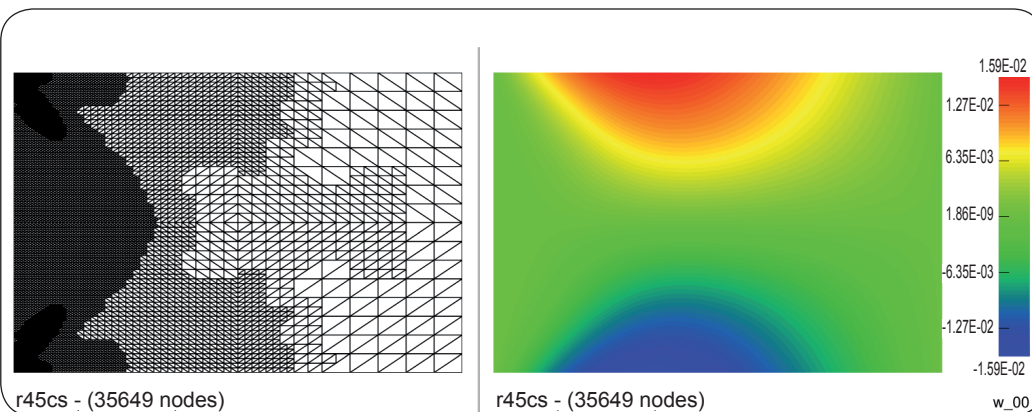
Scheiben-Platten-Element

Platten aus faserverstärkten Kunststoffen werden in der Regel aus mehreren Schichten aufgebaut. Zu beachten ist, dass es bei in Dickenrichtung unsymmetrischem Schichtaufbau zu einer Kopplung der Scheiben- und Plattengleichung kommt. In diesem Fall können das Scheiben- und das Plattenproblem nicht wie gewohnt getrennt betrachtet werden, die Kopplung muss in Theorie und Implementierung beachtet werden.

Von besonderer Bedeutung für die adaptive FEM ist dabei der lokale Fehlerschätzer, welcher benötigt wird um die zu verfeinernden Elemente zu bestimmen. Dafür wurden bestehende Fehlerschätzer für Scheibe und Platte an das gekoppelte Problem angepasst und kombiniert. Der neue Fehlerschätzer für gekoppelte Scheiben-Platten-Probleme bezieht sowohl die Elementresiduen der Scheiben- und Plattengleichungen als auch die Kantensprungterme von Spannungen, Querkräften und Momenten ein.



Achtelmodell, resultierende Materialanstrengung



Beispielrechnung Platte $[-45^\circ/+45^\circ]$ GF/PP, linker Rand eingespannt, rechter Rand nach rechts gezogen. Verfeinertes Netz und Plattendurchsenkung