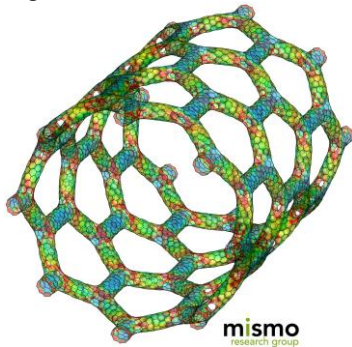


Mechanische Instabilitäten in selbstähnlichen molekularen Strukturen höherer Ordnung

Ziel des Projektes ist es, grundlegende Erkenntnisse über die Ursache und Wirkung von mechanischen Instabilitäten in selbstähnlichen Strukturen höherer Ordnung – am Beispiel der kürzlich in der Fachwelt vorgestellten 'Super'-Kohlenstoffnanoröhrchen (siehe Abb.) – zu gewinnen. Mechanische Instabilitäten, wie das Initiieren und Propagieren von Defekten oder das stabartige Knicken und schalenartige Beulen, können zum Versagen der Gesamtstruktur führen. Die Interaktion derartiger Phänomene über mehrere Hierarchieebenen hinweg wird hier eingehend untersucht werden. Da die üblicherweise auf molekularer Ebene eingesetzten atomistischen Modelle für Strukturen höherer Ordnung ineffizient sind, werden unter Ausnutzung der Selbstähnlichkeit neuartige skalenübergreifende Modelle entwickelt. Im Zuge der numerischen Umsetzung werden diese Modelle dann in den Formalismus einer Finite-Element-Methode eingebettet.



Analyse des Tragverhaltens faserverstärkter Polymerträger

Das Projekt umfasst die Entwicklung von Schalenmodellen zur Tragfähigkeitsanalyse faserverstärkter Einfeldträger mit Kasten- oder I-Profil aus car-

bonfaserverstärkten, geschichteten polymeren Laminaten. Die Balken werden mit vierknotigen Schalenelementen diskretisiert, die auch eine Berechnung der interlaminaren Spannungen ermöglichen. Die Implementierung irreversibler Kohäsivgesetze zur Simulation von Schichtablösung erweist sich als ein effektives Werkzeug zur Analyse von Delaminationswachstum. Begleitende Stabilitätsanalysen werden durchgeführt, um Beulen im Steg oder im gedrückten Flansch zu beurteilen. Weiterhin werden die Ergebnisse mit analytischen und experimentellen Ergebnissen aus Partnerprojekten verglichen. Übergeordnetes Ziel ist die sukzessive Optimierung des Tragverhaltens der Balken.

Internationale Aktivitäten

Neben nationalen Kooperationen besteht eine internationale Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus: Paris (FR), Mailand (IT), Zagreb (HR), Sofia (BG), Warschau (PL), Haifa (IL), Peking (CN), Sidney (AU), Berkeley und Santa Barbara (US), Vancouver (CA).

Finanzierung von Forschung und Lehre

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Europäische Union (EU), Alexander-von-Humboldt-Stiftung (AvH), Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD), Volkswagen Stiftung, Industrie.

Kontakt

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Festkörpermechanik
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt

Tel.: +49 6151 16-4126
Fax: +49 6151 16-3018
E-Mail: gruttmann@mechanik.tu-darmstadt.de
Internet: <http://www.solmech.tu-darmstadt.de>

Fachgebiet Festkörpermechanik

Prof. Dr.-Ing. F. Gruttmann
Prof. Dr.-Ing. D. Gross
Dr.-Ing. J. Wackerfuß



Profil

Das zum Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie gehörige Fachgebiet Festkörpermechanik beschäftigt sich mit der Analyse von Spannungen und Deformationen technischer Strukturen im Rahmen der Kontinuumsmechanik. Ein Schwerpunkt der Aktivitäten liegt in der Weiterentwicklung von Finite-Element-Methoden zur Lösung mechanischer Probleme auf Makro- und Mikroskala. Die betrachteten Werkstoffe sind sowohl Metalle und granulare Materialien, Ferroelektrika als auch moderne faserverstärkte Komposite in Leichtbaustrukturen.

Angegliedert an das Fachgebiet ist die Emmy-Noether-Forschungsgruppe „mismo“ unter der Leitung von Herrn Dr.-Ing. Jens Wackerfuß. Arbeitsschwerpunkt dieser Gruppe sind numerische Methoden zur Simulation des mechanischen Verhaltens molekularer Strukturen.

Lehre

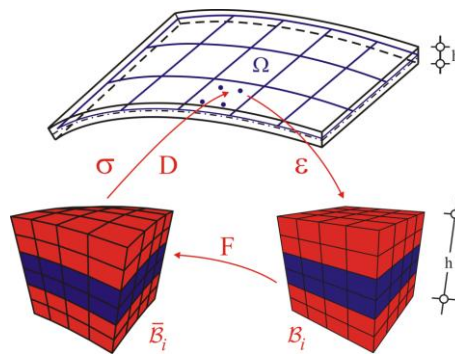
Die Grundvorlesungen Technische Mechanik I-III sind an Studierende der Fachbereiche Bauingenieurwesen und Geodäsie, Mathematik und Angewandte Mechanik gerichtet. Die höheren Vorlesungen sind geeignet für Studierende der Ingenieurwissenschaften, der Mathematik und der Mechanik: Finite-Element-Methoden (FEM) I und II, Stabilität der Tragwerke (FEM III), Intensivkurs FEM-Simulation mit ABAQUS und Mikromechanik. Weiterhin werden Seminar- und Abschlussarbeiten angeboten.

Ausgewählte Forschungsprojekte

Gekoppelte Mehrskalensimulation von Kompositmaterialien und -strukturen

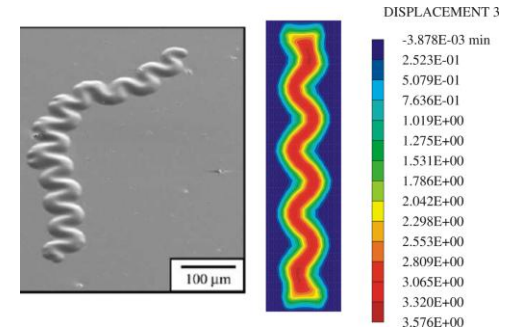
Komplexes Struktur- und Materialverhalten, wie es in Kompositen vorliegt, wird durch phänomenologische Modelle oft nicht hinreichend abgebildet.

Deshalb werden gekoppelte Mehrskalensimulationen (FE²) formuliert. Auf der Makroskala werden finite Elemente verwendet, wobei in jedem Gaußpunkt ein Mikromodell mit einem repräsentativen Volumenelement (RVE) aufgerufen wird. Für Schalen- und Balkensimulationen reicht das RVE durch die volle Schalendicke bzw. über den gesamten Balkenquerschnitt. Die Skalenkopplung erfolgt durch Homogenisierung. Unter Verwendung eher elementarer Materialmodelle auf der Mikroskala kann komplexes Struktur- und Materialverhalten abgebildet werden. In der untenstehenden Abbildung ist ein Schalenmodell mit korrespondierendem RVE und den übertragenen Kopplungsdaten als Beispiel gezeigt.



Finite-Element-Modelle zur Analyse der Delamination dünner Filme

Dünne Festkörperfilme auf Substraten werden in vielfältigen technologischen Anwendungen benutzt. Diese sind zum Beispiel abtragshemmende Schichten in Metall-Schneidwerkzeugen oder Diffusionsbarrieren zwischen Siliziumsubstraten und metallischen Leiterbahnen. In diesem Projekt werden beulgetriebene Delaminationsmechanismen untersucht, wobei ein Teil des Films vom Substrat unter Ausbildung von Blasen beult. Zu diesem Zweck werden finite Interfaceelemente entwickelt, die die Beschreibung quasi-statischen Delaminationswachstums erlauben. Es wird erwartet, durch



die Berechnungsergebnisse ein vertieftes Verständnis der komplizierten mechanischen Prozesse zu erhalten, um die Beständigkeit der Schichten zu optimieren. Das obige Bild zeigt ein Delaminationsmuster in „Telefonkabelform“.

Mikromechanik von Metall-Keramik-Kompositen

Hochtechnologieanwendungen erfordern den Entwurf neuer Kompositwerkstoffe mit optimalen Eigenschaften. Metall-Keramik-Komposite (MCCs) bestehen aus einem sich durchdringenden Netzwerk einer spröden keramischen Phase und einer duktilen metallischen Phase mit sehr unterschiedlichen thermischen und mechanischen Eigenschaften. Um das globale Deformations- und Versagensverhalten zu verstehen, ist eine detaillierte Analyse der Mikromechanismen notwendig. Dies geschieht mittels geeigneter semi-analytischer und numerischer Methoden. Im untenstehenden Bild sind ein Röntgenscan der MCC-Metallphase und ein Detail eines FE-Modells zu sehen.

