

Materialmodelle für CFK-Geflechte

Der Einsatz der Flechttechnik ermöglicht eine weitestgehend automatisierte und wirtschaftliche Herstellung endkonturnaher Verbundstrukturen. Von besonderer Bedeutung in Hinblick auf die strukturmechanische Auslegung von Geflecht-Bauteilen sind neue Berechnungsverfahren unter Verwendung adäquater nichtlinearer Materialmodelle.

Bei dem von der FFG geförderten COMET-K1 Projektes arbeiten die Polymer Competence Center Leoben zusammen mit den Industriepartner FACC Operations GmbH in enger Kooperation mit dem Lehrstuhl für Carbon Composites (TU München), dem Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik (TU Wien) sowie mit dem Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (Montanuniversität Leoben). Dabei werden Geometriemodelle der Garnarchitektur von Geflechtern erstellt und unterschiedliche Homogenisierungsmethoden, Diskretisierungsansätze und Materialmodelle hinsichtlich ihrer Anwendung evaluiert. Ziel des Projektes ist die Entwicklung numerischer Berechnungsverfahren auf Basis der Finite-Elemente-Methode, die eine werkstoffoptimierte Auslegung von Geflechtbauteilen ermöglichen.

Die geometrischen Informationen aus der Charakterisierung der Garnarchitektur dienen als Basis für die Modellierung von entsprechenden Einheitszellen mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode. Im gegenständlichen Projekt werden zwei unterschiedliche Modellierungsansätze verfolgt. Zum einen werden die Garne und Matrixtaschen als Schalen, wie in Abb.1 gezeigt, idealisiert, die entsprechend miteinander agieren. Vergleichsstudien zeigen sehr gute Steifigkeits- und Spannungsvorhersagen bei einem Bruchteil der Rechenzeit vergleichbarer kontinuumelementbasierter Zellen. Der zweite Ansatz idealisiert die Garne als Balken, eingebettet in einem effektiven Medium (Abb. 2). Um die Modellerstellung zu vereinfachen, wurde dieser Ansatz mit dem an der Universität Leuven entwickelten Geflechtmodellierungstool (WiseTex) gekoppelt. So konnten balkenelementbasierte Einheitszellen direkt über die Eingabe der charakteristischen Geometriemerkmale automatisch erstellt werden. Beide Modellierungsstrategien erlauben aufgrund ihrer numerischen Performance Simulationen zur Bestimmung des Geflechtverhaltens außerhalb des linear elastischen Bereichs.

Parallel dazu erfolgt eine umfangreiche Werkstoffcharakterisierung zur Kalibrierung und Validierung der erstellten FE-Modelle. Die experimentellen Daten dienen dabei sowohl zur Bestimmung der Modellparameter als auch zur Validierung des Modells. Der Vergleich der experimentell ermittelten Werkstoffkennwerte

mit den Ergebnissen der Simulation am Beispiel eines $\pm 30^\circ$ -Geflechtes unter Zugbelastung (Abb. 3) belegt die gute Übereinstimmung in Bezug auf die elastischen Eigenschaften und das nichtlineare Werkstoffverhalten des textilen Faserverbundes. Aufbauend auf die Ergebnisse auf Prüfkörperebene werden die Arbeiten gegenwärtig auch auf die Bauteilebene ausgeweitet. Hierfür wurden bereits einfache Bauteilgeometrien (Demonstratoren) zur Verifizierung definiert und gefertigt.

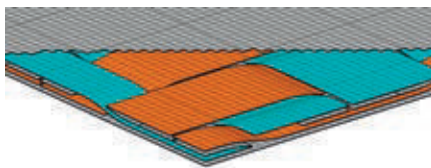


Abb. 1: Einheitszellenmodellierung auf Basis von Strukturelementen in Form von Schalenelementen

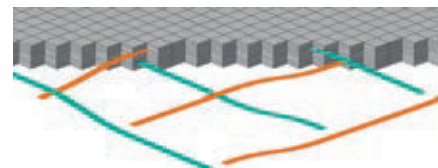


Abb. 2: Einheitszellenmodellierung auf Basis von Strukturelementen in Form von Balkenelementen

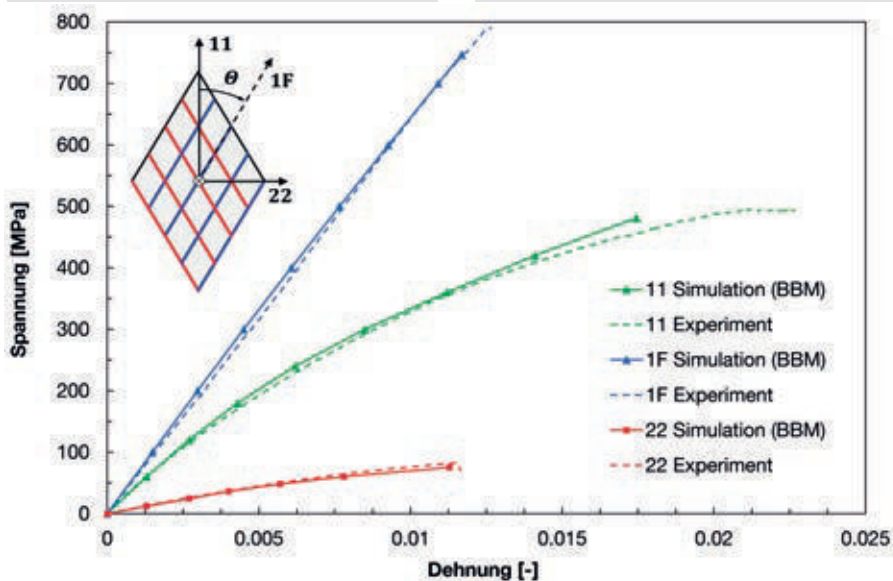


Abb. 3: Vergleich Simulation (Balkenelemente – BBM) und Experiment am Beispiel von im Zugversuch an einem $\pm 30^\circ$ Geflecht ermittelten Spannungs-Dehnungskurven für die Belastungsrichtungen in „11-Richtung“ und normal („22-Richtung“) zur Abzugsrichtung sowie in Faserrichtung („1F-Richtung“)

Literaturhinweise:

- Gager, J. (2013): "Modeling and Simulation Concepts for Advanced Braided Composites", Dissertation, Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik, Technische Universität Wien.
- Cichosz, J. (2014): "Experimental Characterization and Numerical Modeling of the Mechanical Response for Biaxial Braided Composites", Dissertation (in Vorbereitung), Lehrstuhl für Carbon Composites, Technische Universität München.