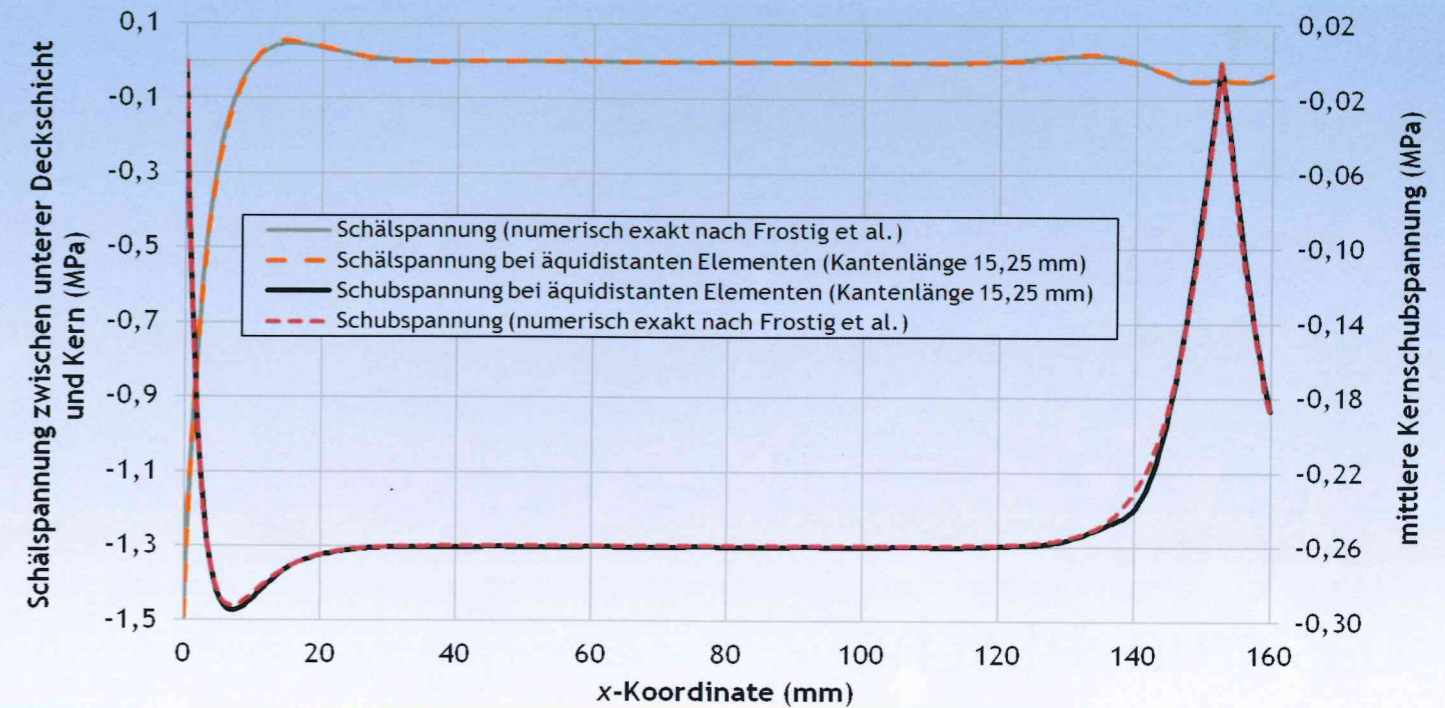
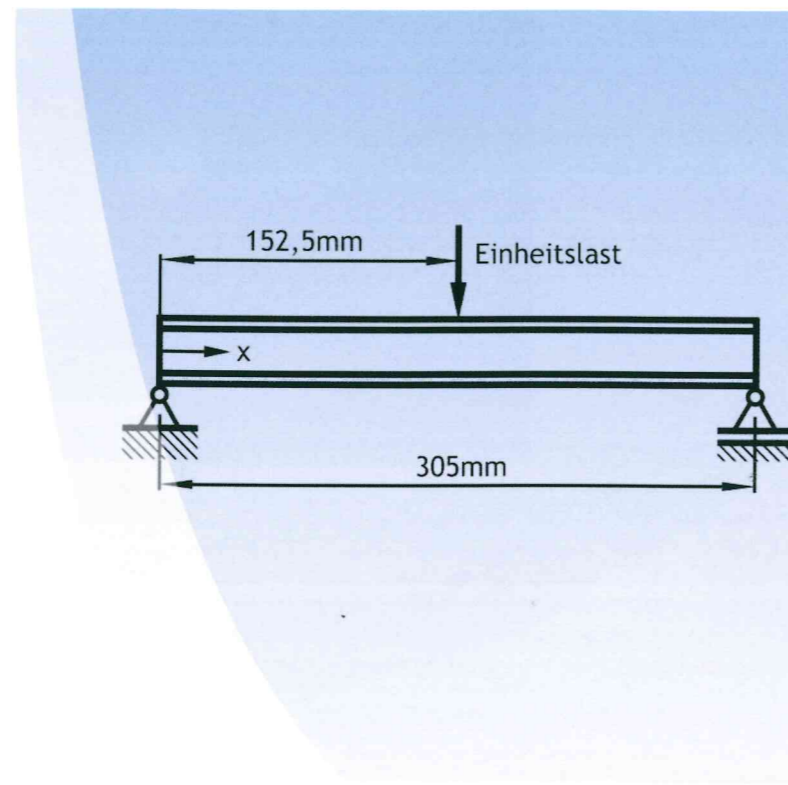


Simulation von Faserverbundwerkstoffen



Gegenüberliegende Seite: Frostig, Y.; Baruch, M.; Vilnay, O.; Sheinman, I.: High-Order Theory for Sandwich-Beam Behavior with Transversely Flexible Core. In: *Journal of Engineering Mechanics* 118 (1992), Nr. 5, S. 1026–1043. Oben: Spannungen im Kern eines Sandwichs im 3-Punkt-Biegeversuch

Seit vielen Jahren nimmt das Verkehrsaufkommen deutlich zu. Der Flugverkehr ist der am stärksten wachsende Verkehrssektor. Aktuelle Prognosen gehen bis zum Jahr 2020 von einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 6–7% der Luftfrachtkilometer und von 4–6% der Passagierkilometer aus. Daraus erwachsen ökologische wie gesellschaftliche Anforderungen, die mit den heutigen Verkehrsträgern nicht bewältigt werden können. Es sind zukunftsfähige, nachhaltige Mobilitätslösungen erforderlich, die u. a. auf der Basis neuer Technologien erarbeitet werden müssen. Eine Schlüsseltechnologie ist hierbei der Leichtbau, insbesondere mit dem Faserverbundkunststoff CFK (carbonfaserverstärkter Kunststoff). Der Trend hin zur CFK-Technologie zeichnet sich in der zivilen Luftfahrt mit den Flugzeugfamilien A380 und A350 XWB von Airbus und der Boeing 787, die einen signifikant gestiegenen Anteil von FVK (Faserverbundwerkstoffen) aufweisen, deutlich ab. Aufgrund der absehbaren Zunahme von CFK-Technologien in zukünftigen Flugzeugen beschäftigen wir uns intensiv mit der Erforschung von Simulationen unter anderem für die Verarbeitung von FVK.

Prozesssimulation der Drapierung von textilen Halbzeugen

Wenn ein zunehmender Anteil von CFK-Bauteilen in immer mehr Flugzeugen Verwendung findet, so erfordert dies eine Produktion in großen Stückzahlen bei konkurrenzfähigen Kosten. Daraus resultieren hohe Anforderungen an die eingesetzten Produktionstechnologien und -prozesse, die heute lediglich bedingt erfüllt werden. Niedrige Produktionskosten und Taktzeiten von ca. 2 min sind jedoch nur mit

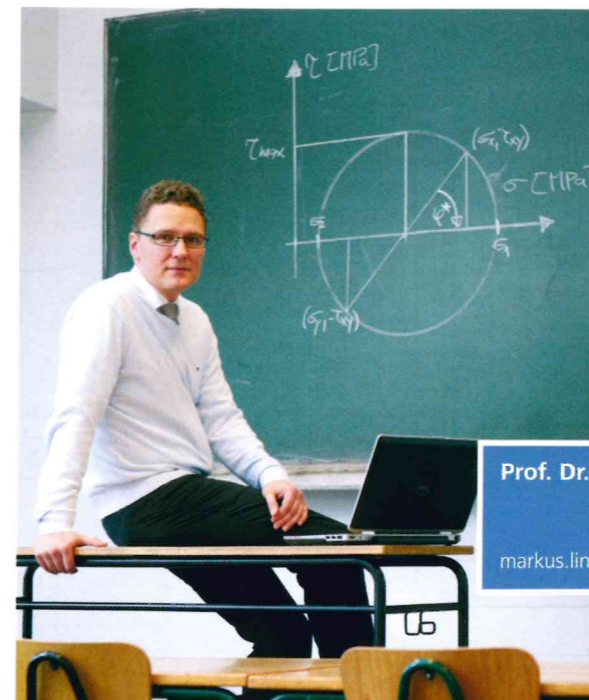
einer stark automatisierten Herstellungskette zu erzielen. Große Potenziale zur Etablierung von konkurrenzfähigen FVK-Produktionsprozessen weisen hier textile Verarbeitungstechnologien auf, da sie in ihren angestammten Anwendungsgebieten hochproduktiv sind und einen Transfer auf großserientaugliche FVK-Technologien erlauben. Zudem ist ein lastpfadgerechter Aufbau der Strukturelemente möglich und damit das Potenzial zur Ausschöpfung eines hohen Leichtbaugrads gegeben. Diese Verarbeitungstechnologien basieren auf dem Zuschneiden von trockenen Halbzeugen wie Gelegen oder Geweben sowie dem Drapieren dieser Halbzeuge in die Werkzeugform, in der häufig auch die Infiltration und Aushärtung stattfindet.

Eine besondere Herausforderung in einem solchen Herstellungsprozess stellt das Umformen bzw. die Drapierung der trockenen Halbzeuge dar. Ziel ist es, an jeder Stelle des Bauteils die Faserstränge mit der gewünschten Ausrichtung ohne Faltenbildung zu positionieren. Für Gewebe existieren Modelle, die in kommerziell verfügbaren Simulationen implementiert sind. Gelege hingegen besitzen ein deutlich komplexeres Drapierverhalten, weil dieses u. a. von der Wahl des Abbindeplans abhängt und Gelege gewöhnlich eine stärkere Anisotropie aufweisen. Für diese Materialien fehlen angemessene Simulationsmodelle und -prozesse. Hier setzt unsere Forschung an. Sie umfasst die experimentelle Kennwertermittlung (von der Faser- bis hin zur Halbzeugcharakterisierung) – insbesondere von Gelegen – und die korrespondierende Modellentwicklung für die Drapiersimulation.

Strukturmechanische Berechnung am Beispiel Sandwich
 Eines der in der Luftfahrt eingesetzten Strukturkonzepte ist die Sandwichbauweise. Sandwichstrukturen sind Verbundkonstruktionen, die in strukturellen Anwendungen aus einem relativ dicken und leichten Kernwerkstoff bestehen, der zwei steife Deckschichten hoher Festigkeit (häufig CFK) auf Distanz hält. Dadurch werden hohe Biegesteifigkeiten und -festigkeiten bei zugleich geringem Gewicht erzielt. Problematisch bei Sandwichbauteilen ist jedoch, dass sie durch das Ausbeulen einer oder beider Deckschichten versagen können, ein Effekt, der als Knittrern bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um Instabilitätsphänomene, die in der Regel zu einem schlagartigen Steifigkeitsverlust und damit

zum Versagen der Struktur führen. Eine genaue Vorhersage des Knittrerns ist somit für die Entwicklung von verlässlichen Sandwichstrukturen von besonderer Bedeutung.

Wir befassen uns daher mit der Entwicklung von finiten Sandwichelementen, mit denen die relevanten Phänomene berechnet werden können. Sie weisen u. a. bei gleicher Genauigkeit eine gegenüber herkömmlichen Formulierungen um 50% geringere Anzahl von Freiheitsgraden auf. Es handelt sich um semianalytische Ansätze für das Verformungsfeld im Kern, die in erster Linie die Freiheitsgrade der Deckschichten nutzen, aber dennoch ein komplexes Spannungsfeld im Kern beschreiben können. Diese Elemente sind zudem geeignet, Spannungsüberhöhungen im Bereich von Kräfteinleitungen oder Diskontinuitäten mit einer geringen Anzahl von Freiheitsgraden zu beschreiben. Zum Teil ist es möglich, stark abklingende Größen im Kern wie Schälspannungen mit nur zwei bis drei Elementen zu berechnen (Bild oben).



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Markus Linke

markus.linke@haw-hamburg.de