

Motivation

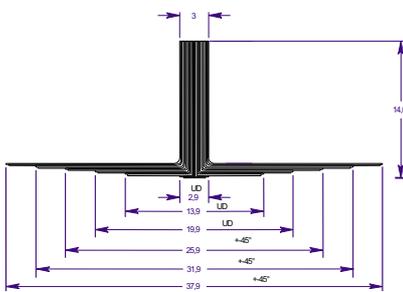
Faserverbundmaterial als Kombination von hochfesten Fasern und einer Matrix aus Kunststoff findet in der heutigen Ingenieurpraxis vermehrt Anwendung, da es neben der hohen Festigkeit durch die Fasern auch ein relativ niedriges Gewicht besitzt.

Für die Bemessung von faserverstärkten Kunststoffen bietet sich die Finite-Element-Methode an. Dafür ist es notwendig, FE-Programme auf ihre Zuverlässigkeit zu testen. Dies geschah hier mit dem kommerziellen Softwarepaket ANSYS.

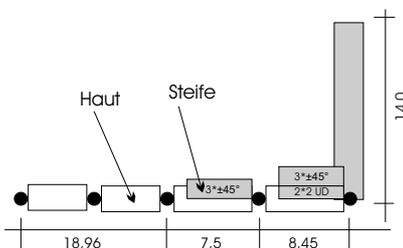
Versuche

Um solche FE-Berechnungen kalibrieren zu können, wurden am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig Versuche an einem faserverstärkten Zylindersegment mit eingeklebten Steifen unter Axialdruck durchgeführt, wobei sowohl Versuche mit einer perfekten Verbindung zwischen Steife und Haut als auch solche mit lokalen Schädigungen der Verbindung durchgeführt wurden.

Modellierung



Steife bei den Versuchen

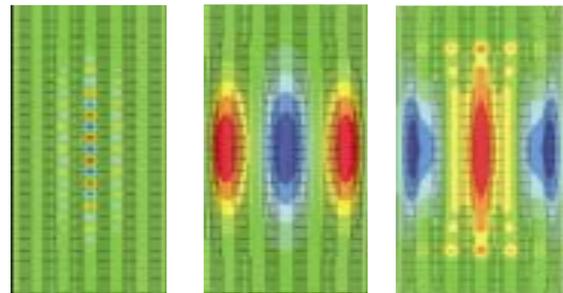


Modellierung

Sowohl für die Haut, als auch für die Steife wurde das isoparametrische 8-Knoten-Schalenelement SHELL99 verwendet, das die Eingabe von geschichteten Strukturen ermöglicht. Die Dickenänderung der Steife wurde durch zwei Stufen approximiert, wobei für die Haut und die Steife die selben Knoten verwendet wurden.

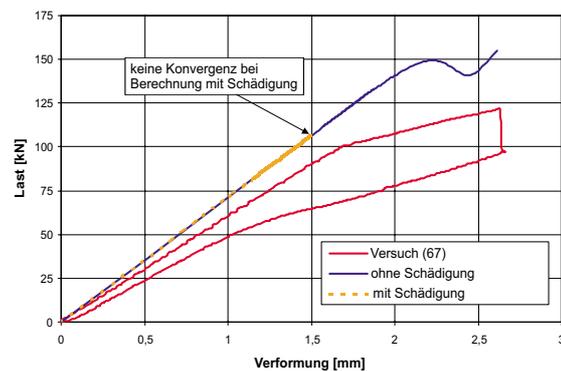
Ergebnisse

Die Eigenwertanalyse des Segments ohne Schädigung ergab eine unrealistische Eigenform mit sehr kleinen Beulen, die nur von Knoten zu Knoten reichten und sich bei Verkleinerung der Elemente ebenfalls verkleinerten. Eine der nichtlinearen Verformung ähnelnde Eigenform ergab sich beim 38. Eigenwert.



1. Eigenform statisch 38. Eigenform statisch Verformung bei nichtlinearer Berechnung

Auch die Berechnung des Segments mit Schädigung ergab keine zufriedenstellenden Ergebnisse. So war bei den Versuchen eine sprunghafte Steifigkeitsänderung zu verzeichnen, bei der sich die Steife in den schadhaften Bereichen von der Haut löste. Mit dem eingesetzten Element war es weder mit einer nichtlinearen Traglastanalyse noch mit einer dynamischen Analyse möglich, dieses Verhalten zu simulieren.



Auswertung

Sowohl die unrealistische Beulform der linearen Beulanalyse, als auch die fehlende Konvergenz beim Lösen der Kontaktelemente liegt sehr wahrscheinlich an der Verwendung des 8-Knoten-Elements und der Verbindung seiner Mittelknoten mit mehreren Schalenelementen bzw. mit Kontaktelementen. Da andere geschichtete Elemente nicht zur Verfügung stehen, muss man feststellen, dass für das vorliegende Problem ANSYS nur sehr eingeschränkt verwendet werden kann.