

Bachelorarbeit

von Carsten Trautmann

Validierung experimenteller Methoden zur Charakterisierung von Grenzflächenfestigkeiten

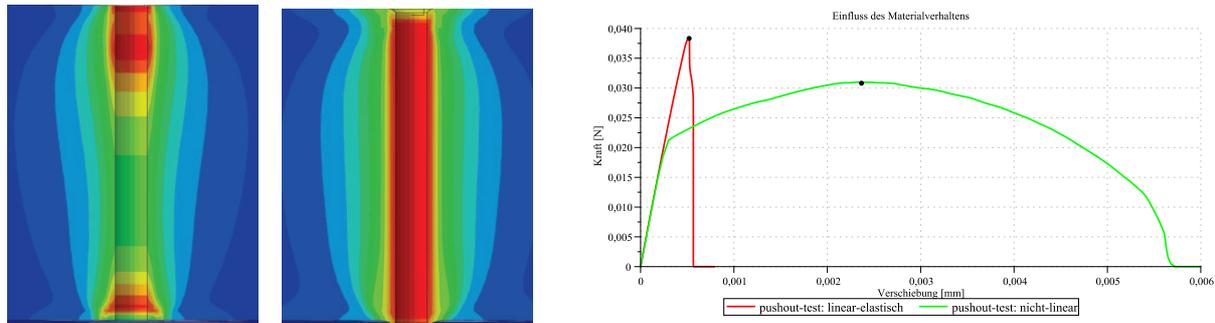


Abb.: Vergleich von linear-elastischem und nicht-linearem Materialverhalten beim pushout-test; Einfluss auf die v. Mises Vergleichsspannung (links) und die Kraft-Verschiebungskurven (rechts)

Problemstellung

Die präzise Auslegung faserverstärkter Verbundwerkstoffe gewinnt durch die steigenden Anforderungen an die Qualität und Leistungsfähigkeit zunehmend an Bedeutung. Dabei ist eine gute Verbindung zwischen den Fasern und der Matrix Voraussetzung für optimale Verbundeigenschaften. Zur Untersuchung der mikromechanischen Grenzflächeneigenschaften bei Faserverbundwerkstoffen sind Grundlagenversuche an Einzelfaser-Modellen notwendig.

Ziel der Arbeit ist es, den Einfluss der wichtigsten Modellparameter auf den Kraft-Verschiebungsverlauf, sowie die maximale auftretende Kraft herauszuarbeiten. Es soll eine Aussage darüber getroffen werden, in wie weit die experimentell bestimmten Grenzflächenfestigkeiten und Bruchenergien aus den unterschiedlichen Versuchsmethoden vergleichbar sind.

Lösungsansatz

Es wurden ausgewählte pushout- und pullout-Versuche in ABAQUS modelliert und unter Verwendung der in ABAQUS integrierten Grenzflächenschädigungsmodelle simuliert. Hierbei wurde das Hauptaugenmerk auf den experimentell beobachtbaren Kraft-Verschiebungsverlauf gelegt. In einer Parameterstudie wurden die Reibung delaminierter Grenzflächen, das Materialmodell für die Matrix sowie die Abkühltemperatur variiert. Letzteres soll helfen, den abkühlungsinduzierten Eigenspannungszustand genauer zu untersuchen. Zur Deutung der Ergebnisse wurden die lokalen Spannungszustände und Grenzflächenvariablen herangezogen.

Ergebnisse

Es kann gezeigt werden, dass ein linear-elastisches Materialmodell nur begrenzt anwendbar ist. Vor allem, wenn Eigenspannungen durch Abkühlung der Proben entstehen, übersteigt die Vergleichsspannung schnell die zulässigen Grenzwerte, in denen noch linear elastisches Materialverhalten angenommen werden kann. Es empfiehlt sich, für diesen Fall ein nicht-lineares Materialverhalten zu verwenden. Die Reibung der delaminierten Grenzflächen nimmt Einfluss, sofern ein hoher Druck an der Grenzfläche herrscht und die Schädigung gleichzeitig an diesen Stellen weit vorangeschritten ist.

Der größte Einfluss auf die Kraft-Verschiebungs-Kurven wird bei Veränderung des Materialmodells, der Matrix und großen Abkühltemperaturen erzielt. Bei nicht-linearem Materialverhalten beginnt das Matrixmaterial zu fließen, sofern die Spannungen einen kritischen Wert überschreiten. Die Maximalkraft sinkt und die Gesamtverschiebung nimmt stark zu, vgl. rechte Abbildung. Für geringe Scherfestigkeiten und hohe Abkühltemperaturen kommt es bereits alleine durch die Abkühlung zu massiver Schädigung an der Grenzfläche. Je größer diese Vorschädigung ist, desto geringer wird die detektierte Reaktionskraft im Delaminationsversuch. Dabei sinkt die Maximalkraft je nach Parametereinstellung um bis zu 80%.

Literatur

- [1] Zhandarov, S.; Mäder, E.: Characterization of fiber/matrix interface strength: applicability of different tests, approaches and parameters *Elsevier*. **65**, 149–160, 2004
- [2] Chandra, N.; Ghonem, H.: Interfacial mechanics of push-out tests: theory and experiments *Elsevier*. **A 32**, 575–584, 2001

Betreuer

Dipl.-Ing. Barthel Brylka
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Böhlke

brylka@itm.uni-karlsruhe.de
boehlke@itm.uni-karlsruhe.de