

Einfluss von Poren auf die Querkzugfestigkeit einer unidirektionalen Einzelschicht

Luft einschließen lässt sich in Faserverbundwerkstoffen nur schwer vermeiden. Wie sich solche Poren auf die Bauteilfestigkeit auswirken, ist experimentell aber nur schwer zu ermitteln. Mittels der Simulation der Mikromechanik in der Software GeoDict lässt sich die reduzierte Festigkeit durch Porenschlüsse schnell und automatisiert berechnen.

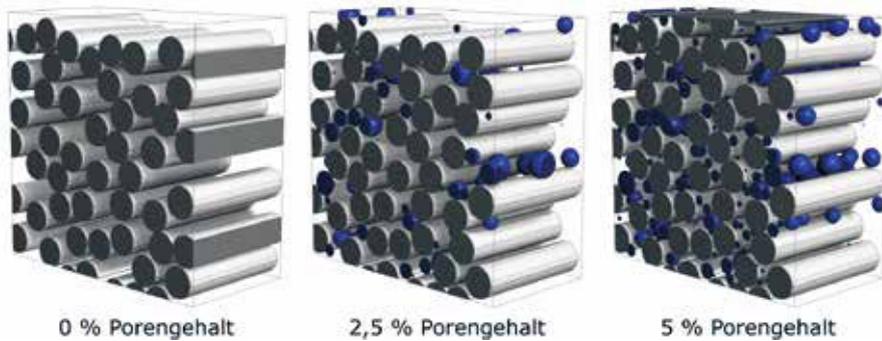
Faserverbundwerkstoffe besitzen häufig fertigungsbedingte Fehlstellen. Diese Poren mindern aufgrund ihrer Kerbwirkung die statische und zyklische Festigkeit des Werkstoffes. Gleichzeitig muss die Fertigung die Bauteilqualität entsprechend den mechanischen Belastungen des Bauteils sicherstellen. Eine experimentelle Beurteilung des Poreneinflusses auf die Festigkeit des Werkstoffes ist aufgrund der Probekörperherstellung kompliziert. Mithilfe der GeoDict Software lassen sich dazu numerische Studien einfach, zerstörungsfrei und automatisiert durchführen.

Modellierung der Einheitszelle

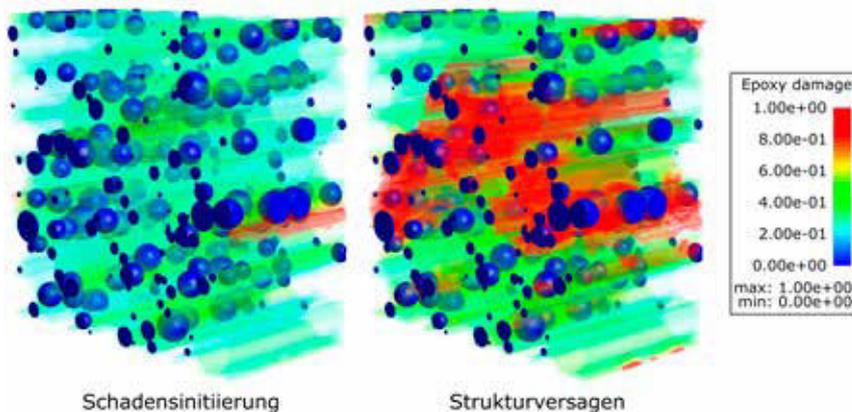
Zunächst wird mit dem Softwaremodul FiberGeo die Einheitszelle einer unidirektionalen kohlenstofffaserverstärkten Einzelschicht mit 50 Prozent Faservolumenanteil erzeugt. Der Faserdurchmesser beträgt 7 µm und die Einheitszelle setzt sich aus 13,5 Millionen Elementen zusammen. Anschließend werden definierte Porengehalte in die modellierte Struktur implementiert. Die kugelförmigen Poren werden durch das Modul GrainGeo stochastisch mit einem mittleren Durchmesser von 5 µm erzeugt und in der Struktur verteilt. Der Porengehalt wird in 0,5-Prozent-Schritten auf bis zu 5 Prozent gesteigert.

Berechnung der mechanischen Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften berechnet das Modul ElastoDict-LD. Für die Kohlenstofffasern wird ein transversalisotropes linear elastisches Materialmodell verwendet, ein benutzerdefiniertes Werkstoffgesetz (UMAT) bildet die Epoxidmatrix ab. In diesem isotropen Materialmodell wird in einem simulierten Querkzugversuch die Werkstoffsteifigkeit in Abhängigkeit von



Einheitszellen einer unidirektionalen Einzelschicht mit unterschiedlichen Porengehalten

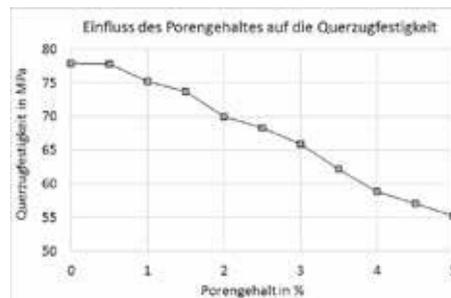


Visualisierung der Matrixschädigung im Querkzugversuch

einer Schädigungsvariablen (unterschiedliche Porengehalte) bis zum Bruch reduziert.

Optimale Anpassung

Die Kerbwirkung der Poren zeigt sich darin, dass dort erste Werkstoffschädigungen auftreten, die sich mit steigender Belastung durch den Werkstoff ausbreiten. Mit steigendem Porengehalt reduziert die Kerbwirkung die Querkzugfestigkeit um bis zu 30 Prozent. Eine Studie wie oben beschrieben kann für verschiedenste Mikrostrukturen durchgeführt und so ein zulässiger Porengehalt definiert werden. Das ermöglicht zum einen, den Fertigungsprozess optimal an die Bauteilanforderungen anzupassen, und zum anderen, Ausschuss zu vermeiden.



Berechnete Querkzugfestigkeit in Abhängigkeit des Porengehaltes

Weitere Informationen:

Constantin Bauer,
Math2Market GmbH, Kaiserslautern,
Telefon +49 (0) 631 / 205 605 28,
constantin.bauer@math2market.de,
www.geodict.com