

##### Versuchsbeschreibung

Der Einfluss der Bearbeitungsgüte bei der Bohrbearbeitung auf das Festigkeitsverhalten von quasiisotropem Thermoplast-CFK AS4/PA12 unter statischer Kerbzug- und Kerbbiegebeanspruchung wurde untersucht.

##### Versuchsbedingungen

###### Material:

Quasiisotrope CFK-Gelege aus thermoplastischem Prepreg Suprem® T55 AS4/PA12-2159 [0/45/90/-45]<sub>3s</sub> (nominelle Dicke 4,0 mm), hergestellt im Heißpressverfahren.

###### Zerspanung

Die CFK-Proben wurden fest eingespannt und ohne Zugabe von Kühlschmiermittel auf CNC-Maschinen gebohrt. Dabei kamen Stufenbohrer  $D = 5,9$  mm der Fima Klenk GmbH & Co. KG mit einem Spitzenwinkel von  $85^\circ$  zum Einsatz. Unterschiedliche Bohrlochqualitäten wurden durch Variationen der Schneidkantenverrundung (kurz: SKV, infolge Verschleiß) und die Wahl der Bearbeitungsparameter erzielt (vgl. Beitrag 4.7).

Tabelle 1: Zerspanungsparameter für die Bohrbearbeitung.

Setup	Werkzeug	SKV	Schnittgeschwindigkeit	Vorschub
„gut“	Hartmetall diamantbeschichtet	$\sim 17 \mu\text{m}$	$n = 5305 \text{ min}^{-1}$ $v_c = 100 \text{ m/min}$	$f = 0,6 \text{ mm/U}$ $v_f = 3,2 \text{ m/min}$
„schlecht“	Hartmetall unbeschichtet	$\sim 52 \mu\text{m}$	$n = 1326 \text{ min}^{-1}$ $v_c = 25 \text{ m/min}$	$f = 0,06 \text{ mm}^U$ $v_f = 318 \text{ mm/min}$

##### Mechanische Prüfung

Die mechanische Festigkeit wurde in wegkontrollierten Zug- (OHT) und Biegeversuchen (OHB) mit offenem Bohrloch an einer Universalprüfmaschine vom Typ Schenck RSA100 ermittelt und für die beiden Bohrlochqualitäten gegenübergestellt.

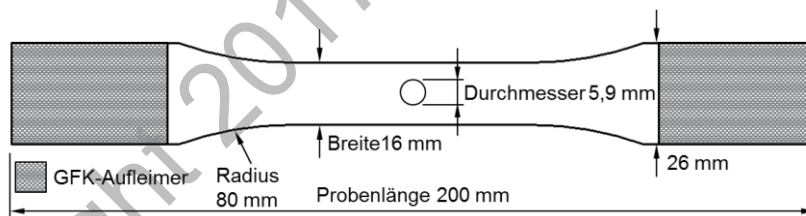


Abbildung 1: Probengeometrie der OHT-Versuche.

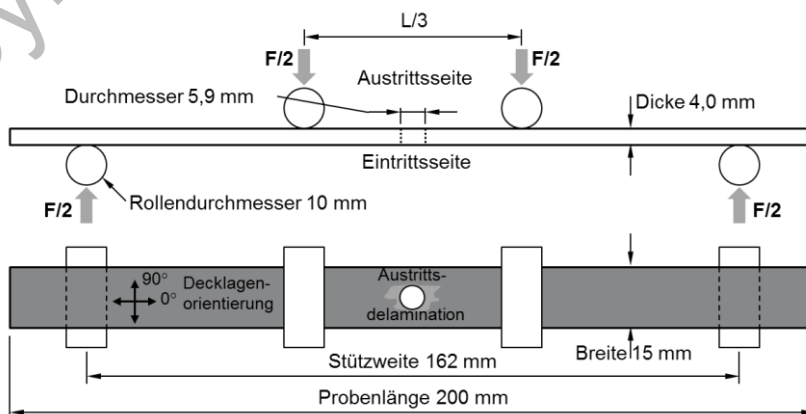


Abbildung 2: Versuchskonfiguration der OHB-Versuche.

*Zusammenfassung der Ergebnisse*

Weder Kerbzug-, noch Kerbbiegefestigkeit zeigen eine statistisch signifikante Abhängigkeit der gemessenen Festigkeit von der Bearbeitungsgüte der Bohrlöcher. Wie für quasiisotrope Lamine zu erwarten, zeigte sich in den Zugfestigkeiten kein Zusammenhang zwischen der Entnahmerichtung (Decklagenorientierung) der Proben und der gemessenen Festigkeit. Diese liegt bei rund 450 MPa. Unter Biegebeanspruchung liegt die Festigkeit bei einer außenliegenden 0°-Lage mit rund 400 MPa hingegen im Mittel etwas höher als unter einem Entnahmewinkel von 90° mit ca. 365 MPa.

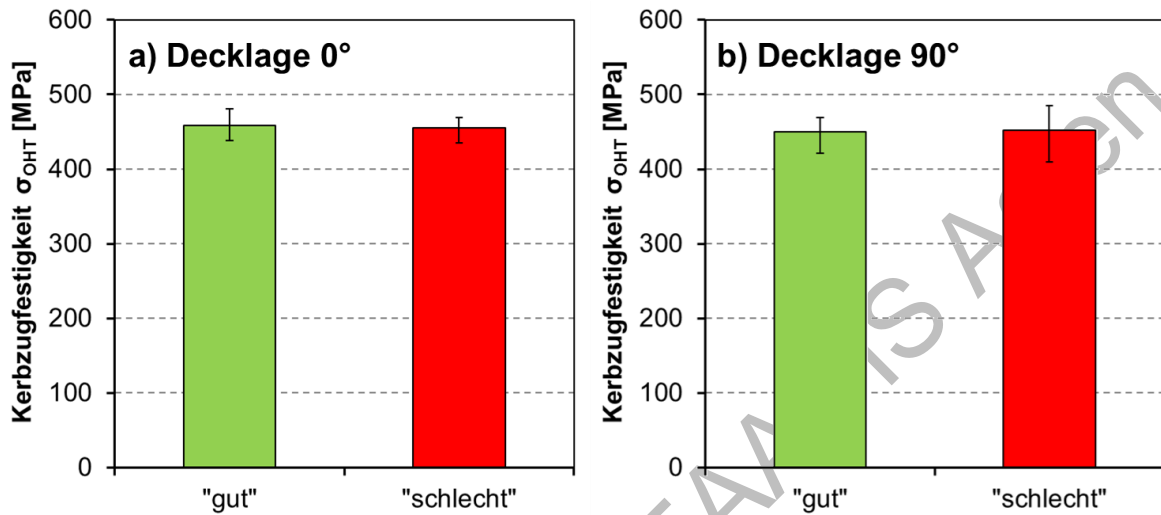


Abbildung 3: Kerbzugfestigkeiten von TP-CFK AS4/PA12 [0/45/90/-45]<sub>3s</sub> in Abhängigkeit der Bearbeitungsgüte und Decklagenorientierung.

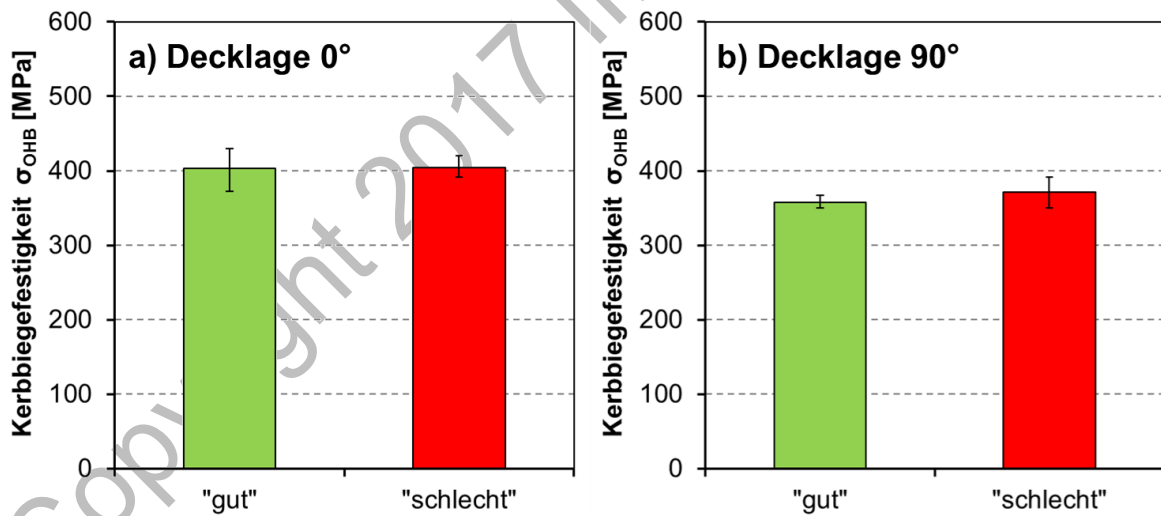


Abbildung 4: Kerbbiegefestigkeiten von TP-CFK AS4/PA12 [0/45/90/-45]<sub>3s</sub> in Abhängigkeit der Bearbeitungsgüte und Decklagenorientierung.

##### *Schlussfolgerung*

Die bearbeitungsinduzierte Schädigung in Form von Matrixaufschmelzungen, Gratbildung und plastischer Deformation im Nahbereich um das Bohrloch (Peel-up und Push-down), vgl. Beitrag 4.7, wirken sich nicht auf die statische Festigkeit gebohrter, thermoplastischer CFK-Gelege unter Zug- und Biegebeanspruchung aus. Da es selbst bei ungünstigen Bearbeitungsparametern zu keiner erkennbaren Schädigung lasttragender Fasern kommt, bleibt die faserdominierte Zugfestigkeit erhalten. Matrixrisse treten aufgrund der hohen Bruchzähigkeit und Duktilität der thermoplastischen Matrix (vgl. Beitrag 4.6) in der Bearbeitung kaum auf und wirken sich aus demselben Grund unter mechanischer Beanspruchung nicht erkennbar aus, da rissinduzierte Spannungsspitzen durch Plastifizierung der Matrix abgebaut werden können.

Die Abhängigkeit der Kerbbiegefestigkeit von der Decklagenorientierung erklärt sich anhand der unterschiedlichen Spannungsverteilung innerhalb des Laminates unter Biegung. Eine außenliegende 0°-Lage kann um ein Vielfaches höhere Spannungen aufnehmen, als dies bei einer 90°-Lage der Fall ist.

##### *Weiterführende Dokumente*

F. Zeller, A. Haeger, D. Meinhard, V. Knoblauch: *Machining-induced damage and its effect on mechanical strength of thermoplastic CFRP*, Journal (in Vorbereitung)