

a. Versuchsbeschreibung

Online-Monitoring von Bohrprozessen in CFK (M21/T800S) anhand einer Burstanalyse unter Variation der Maschineparameter (Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Verschleißzustand).

b. Versuchsbedingungen

Material

Quasiisotrope Laminate aus Hexply® M21/T800S [-45/90/45/0]<sub>3s</sub> hergestellt im Autoclavverfahren:  
Dicke = 4,6 mm ; Flächengewicht = 196 g/m<sup>2</sup>

Werkzeug

VHM-Spiralbohrer: Durchmesser = 5,9 mm ; Spitzenwinkel = 85° ; Spiralwinkel = 35°

Maschinenparameter

Vorschub: 0,02 mm/U ; 0,06 mm/U ; 0,1 mm/U  
Schnittgeschwindigkeit: 50 m/min ; 100 m/min ; 150 m/min  
Schneidkantenverrundung: 4,9 µm ; 22,1 µm ; 52,1 µm

Versuchsablauf

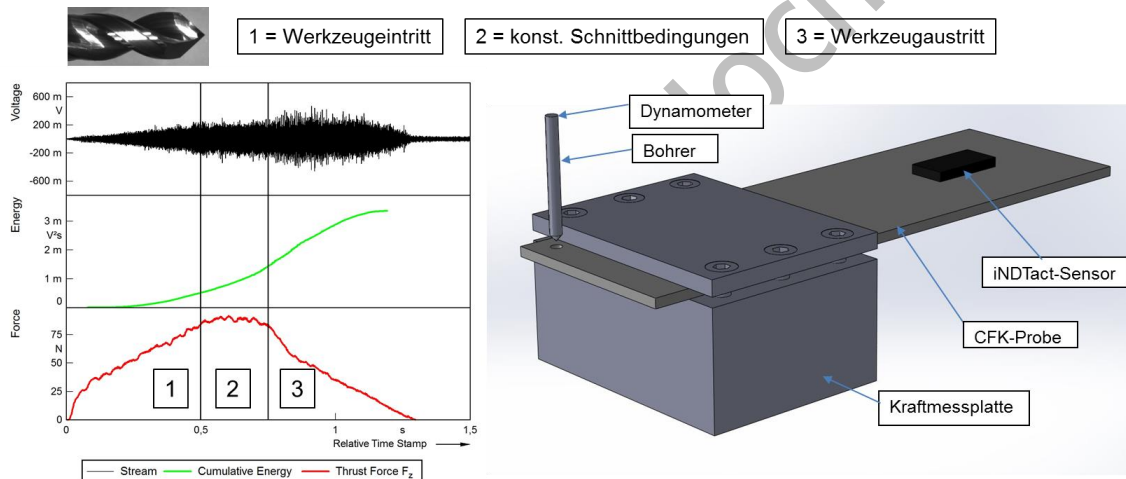


Bild 1: Exemplarische Messung zur AE-Überwachung von Bohrprozessen in CFK bei variierenden Maschineparametern.

In die CFK-Proben wurden gemäß Bild 1 Bohrungen auf einer Kraftmessplattform eingebracht. Mittels dem piezoelektrischen AE-Sensor iMPact XS der Firma iNDtac wurde jeweils der Abschnitt 2 unter konstanten Schnittbedingungen hinsichtlich der Burstanzahl und der Burstenergie ausgewertet. Des Weiteren wurde für jede Bohrung eine Qualitätsbeurteilung anhand des flächengewichteten Delaminationsfaktors an der Werkzeugaustrittseite vorgenommen.

Insgesamt wurden 3 Bohrungen pro Maschineparameterkonstellation hergestellt. Pro Bohrserie wurde nur einer der drei Maschineparameter variiert. Die exakten Parameter sind jeweils in den nachfolgenden Bildunterschriften dokumentiert. Für weitere Informationen zu den Bewertungskriterien und der Burstanalyse sei an dieser Stelle auf die weiterführende Literatur verwiesen.

c. Zusammenfassung der Ergebnisse

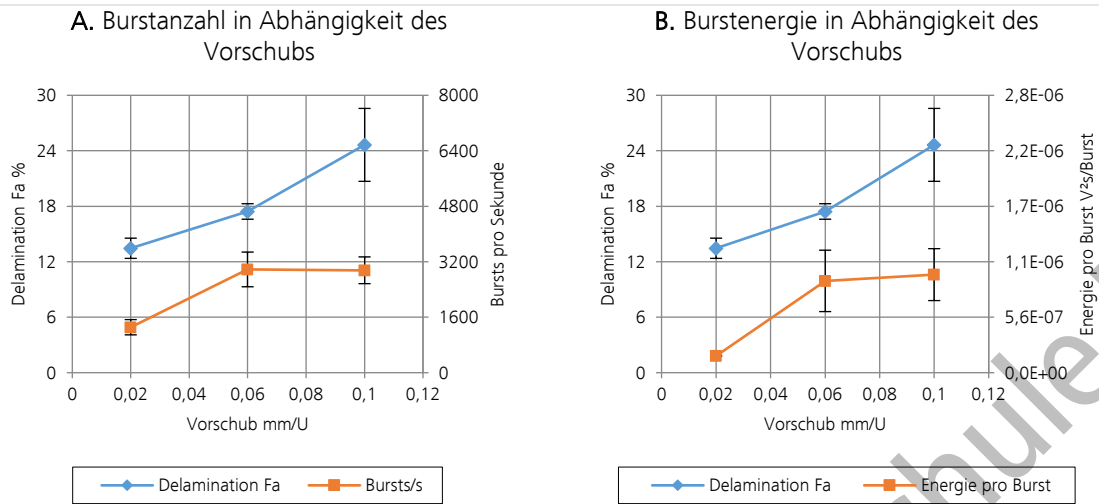


Bild 2: Analyse der **A.** Burstanzahl und der **B.** Burstenergie in Abhängigkeit des Vorschubs. Schneidkantenradius = konst. = 17,6  $\mu\text{m}$ ; Schnittgeschwindigkeit = konst. = 100 m/min.

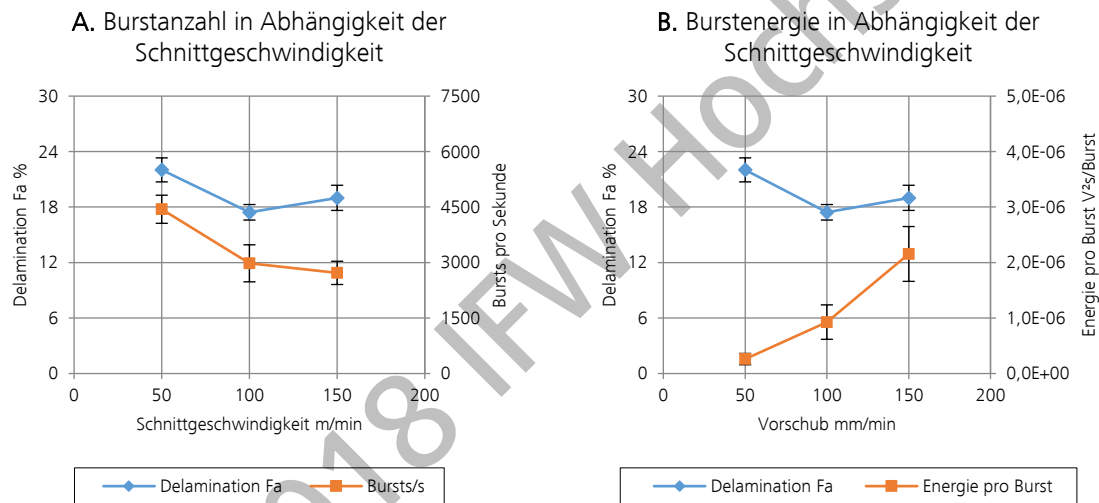


Bild 3: Analyse der **A.** Burstanzahl und der **B.** Burstenergie in Abhängigkeit der Schnittgeschwindigkeit. Schneidkantenradius = konst. = 17,6  $\mu\text{m}$ ; Vorschub = konst. = 0,06 mm/U.

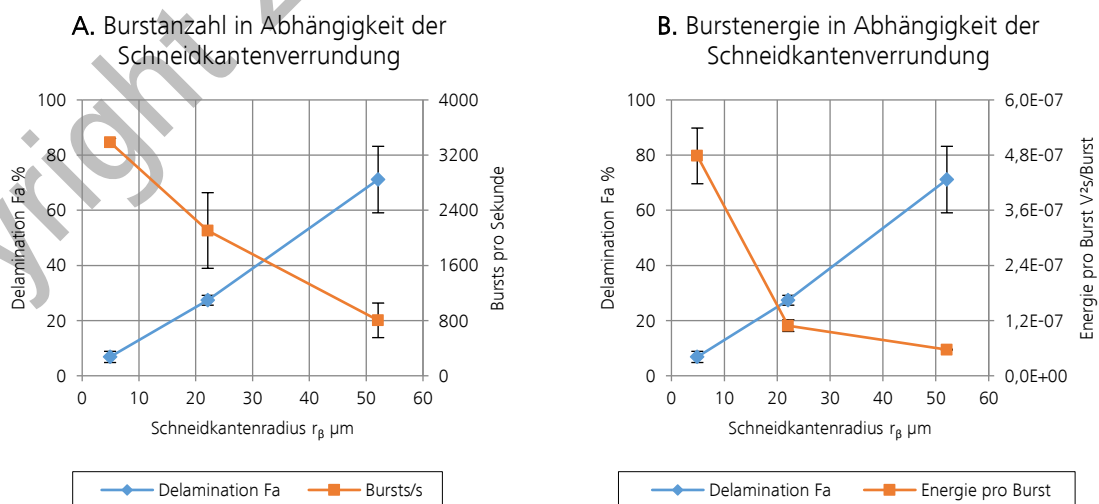


Bild 4: Analyse der **A.** Burstanzahl und der **B.** Burstenergie in Abhängigkeit des Schneidkantenradius. Schnittgeschwindigkeit = konst. = 100 m/min; Vorschub = konst. = 0,06 mm/U.

d. Zusammenfassung der Ergebnisse

Für Bild 2 und Bild 4 kann eine eindeutige Abhängigkeit der Burstanzahl und der Bursternergie vom Quotienten  $r_{\beta}/h$  festgestellt werden. Bei abnehmendem Quotienten steigt in beiden Fällen die Bursternergie sowie die Burstanzahl an. Nimmt der Quotient hingegen zu, verhalten sich beide AE-Kennwerte gegensätzlich. Eine steigende Burstanzahl und Bursternergie spiegelt sich gleichermaßen in einer Erhöhung der Austrittsdelamination wieder.

In Bild 3 hingegen ist keine Abhängigkeit der AE-Kennwerte vom  $r_{\beta}/h$  erkennbar, da das Verhältnis für diese Versuchskonstellation konstant bleibt. In diesem Fall ist der Impuls der Schneide auf das Material für höhere Schnittgeschwindigkeiten größer. Dadurch ergibt sich eine höhere Energiefreisetzung. Zudem erhöht sich die Dauer eines Bursts, was zu niedrigeren Burstanzahlen führt. Die erhöhte Schnittgeschwindigkeit hat außerdem eine geringfügige Verringerung der Austrittsdelamination zur Folge.

c. Schlussfolgerung

Tabelle 1: Zusammenfassung der Wechselwirkungen zwischen den Maschinenparametern und den AE-Kennwerten.

Zerspanungsparameter			Kennwerte	
Schneidkantenverrundung	Schnittgeschwindigkeit	Abrasivmenge	$\sum$ Bursts	Energie pro Burst
↑	const.	const.	↓	↓
const.	↑	const.	↑	↑
const.	const.	↑	↓	↑

Die Betrachtung der einfachen Bewertungskennwerte der Burstanalyse von AE-Signalen ist dazu geeignet Änderungen bzgl. der Prozessparameter und des Verschleißes im Bohrprozess online zu detektieren. Da die Maschinenparameter auch direkt mit der Austrittsdelamination korrelieren, ist damit indirekt auch eine Beurteilung der zu erwartenden Schnittqualität während des Bearbeitungsprozesses auf Basis der AE-Messungen möglich. Ausgenommen davon ist die Änderung der Schnittgeschwindigkeit, welche keinen eindeutigen Einfluss auf die Entwicklung der AE-Kennwerte hat, wohl aber auf die Bearbeitungsqualität selbst. Tabelle 1 stellt die systematischen Wechselwirkungen zusammenfassend dar. Voraussetzung für die Überwachung ist, dass eine Referenzbohrung mit den zugehörigen Maschinenparametern und den resultierenden AE-Signalen durchgeführt wurde.

d. Weiterführende Dokumente

Lissek, F., Haeger, A., Knoblauch, V., Hloch, S., Pude, F., & Kaufeld, M. (März 2018). Composites Part B: Engineering. *Acoustic emission for interlaminar toughness testing of CFRP: Evaluation of the crack growth due to burst analysis*, 136, 55-62. doi:10.1016/j.compositesb.2017.10.012

Lissek, F., Kaufeld, M., Tegas, J., & Hloch, S. (12. Juli 2016). Procedia Engineering. *Online-monitoring for Abrasive Waterjet Cutting of CFRP via Acoustic Emission: Evaluation of Machining Parameters and Work Piece Quality Due to Burst Analysis*, 149, 67-76. doi:10.1016/j.proeng.2016.06.640