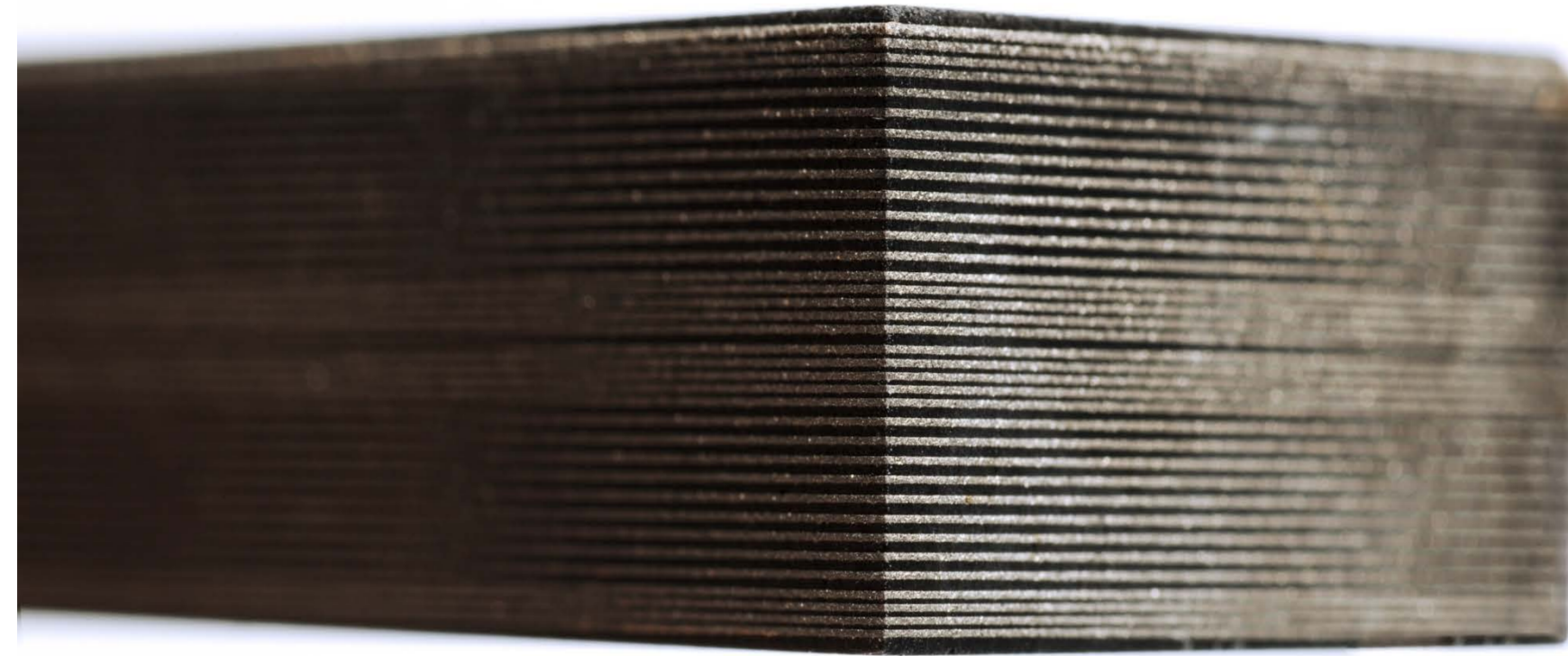


Eigenstressen in intrinsischen Hybridverbunden

Robert Prussak und Daniel Stefaniak

Technische Universität Braunschweig | Institut für Adaption und Funktionsintegration

r.prussak@tu-braunschweig.de | Telefon +49 (0) 531 295-2335



Querschnitt eines CFK-Stahl-Hybrid Laminats

GFK-Stahllaminat zur Erhöhung der Lochleibungsfestigkeit in der Wurzel eines Windkraftrotorblattes



Hintergrund

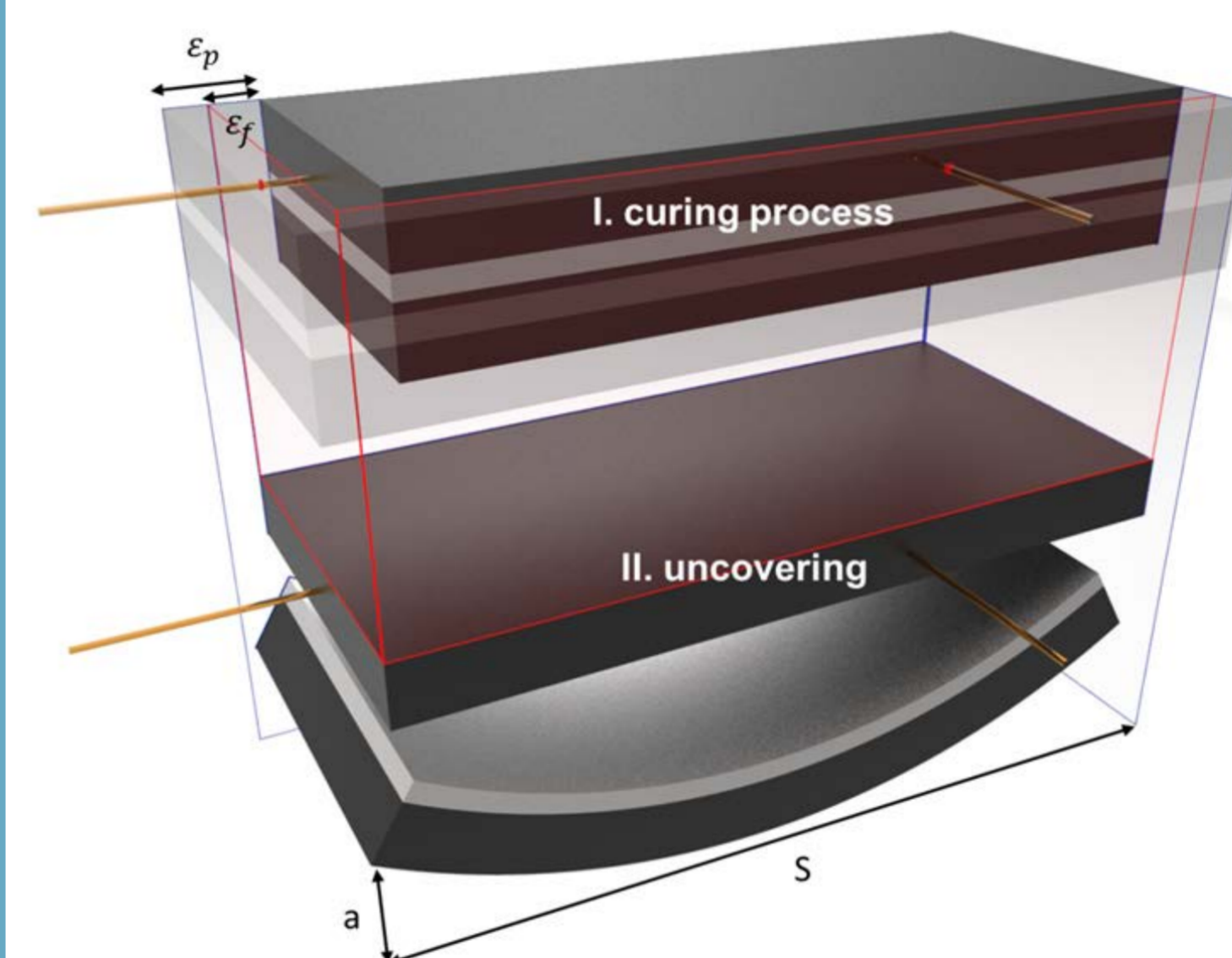
Intrinsische Hybride aus Faserverbundkunststoff und Metall in einem Schichtaufbau können mit Hilfe von Materialauswahl, Anpassung der Materialanteile und Veränderung der Lagendiskretisierung an ganz unterschiedliche Anforderungen angepasst werden. Durch diese gezielte Abstimmung der Eigenschaften bieten sie insbesondere Vorteile für:

- Erhöhung der Lochleibungsfestigkeit in hochbeanspruchten Fügestellen mittels lokaler Hybridisierung durch Stahl oder Titan
- Abrasionsschutz durch Stahlaußenlagen auf CFK-Strukturen
- UD-CFK-Stahl-Laminats: Die Metalllagen ergänzen die in Lastrichtung angeordneten Faserlagen ohne die Steifigkeit und Festigkeit herabzusetzen. Durch Reduzierung der Kerb- und Schlagempfindlichkeit wird die Restfestigkeit eines geschädigten Laminates erhöht.

Herausforderung / Ziele

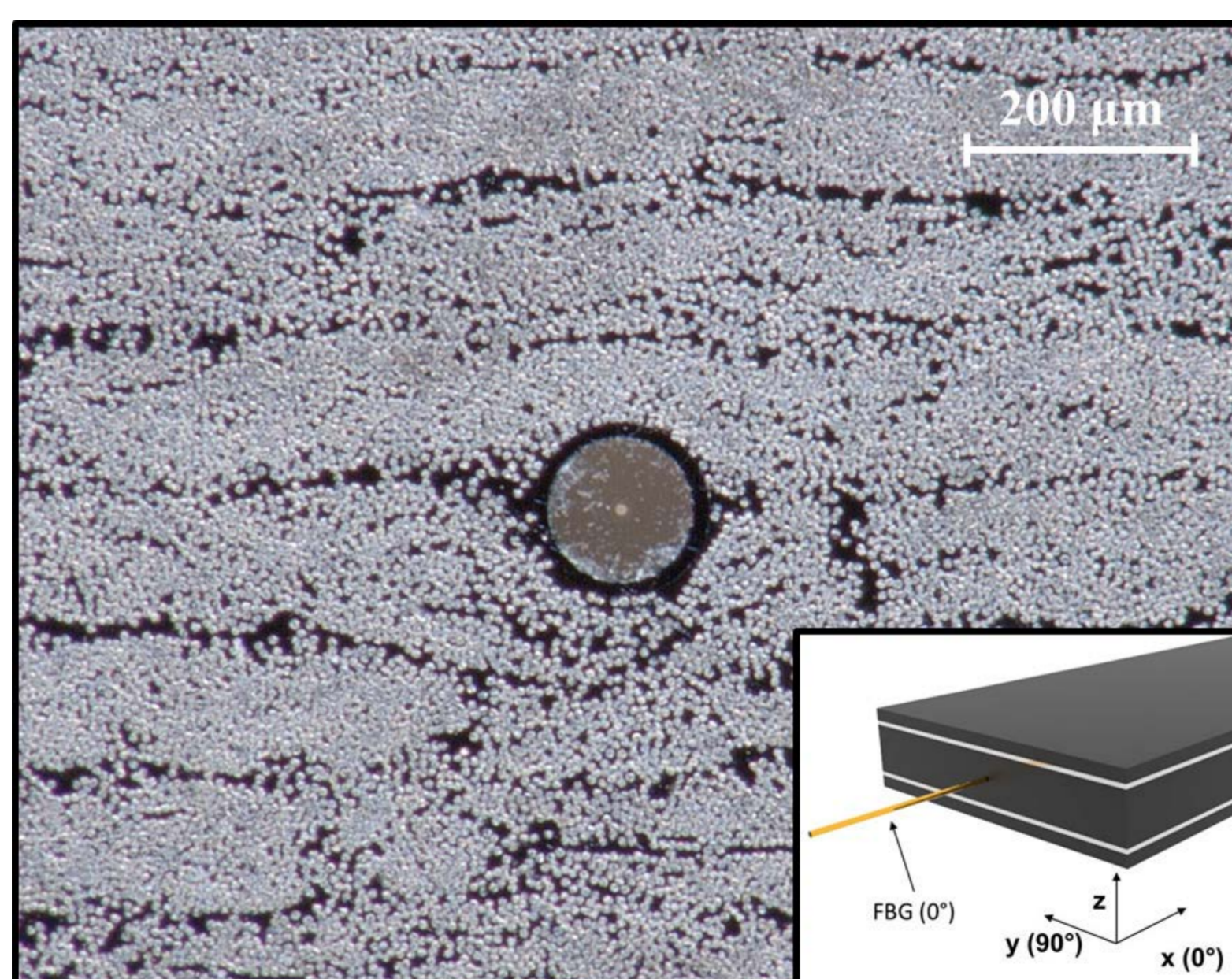
Da die Füge- bzw. die Aushärtetemperatur der Hybride über der Einsatztemperatur liegt, kommt es infolge der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Fügepartner unweigerlich zu Eigenstressen zwischen den Einzellagen oder zu Verformungen, die von der Umgebungstemperatur des Bauteils abhängig sind.

- Methodenentwicklung und Validierung zur Bestimmung von interlaminaren Eigenstressen in intrinsischen FKV-Metall-Hybriden
- Erkenntnisgewinn über die Mechanismen und Einflussfaktoren zur Einlagerung von Eigenstressen und während des Herstellungsprozesse
- Identifizierung und Quantifizierung von Maßnahmen, die die aus dieser Temperaturdifferenz resultierenden Eigenstressen zwischen den Einzelschichten reduzieren



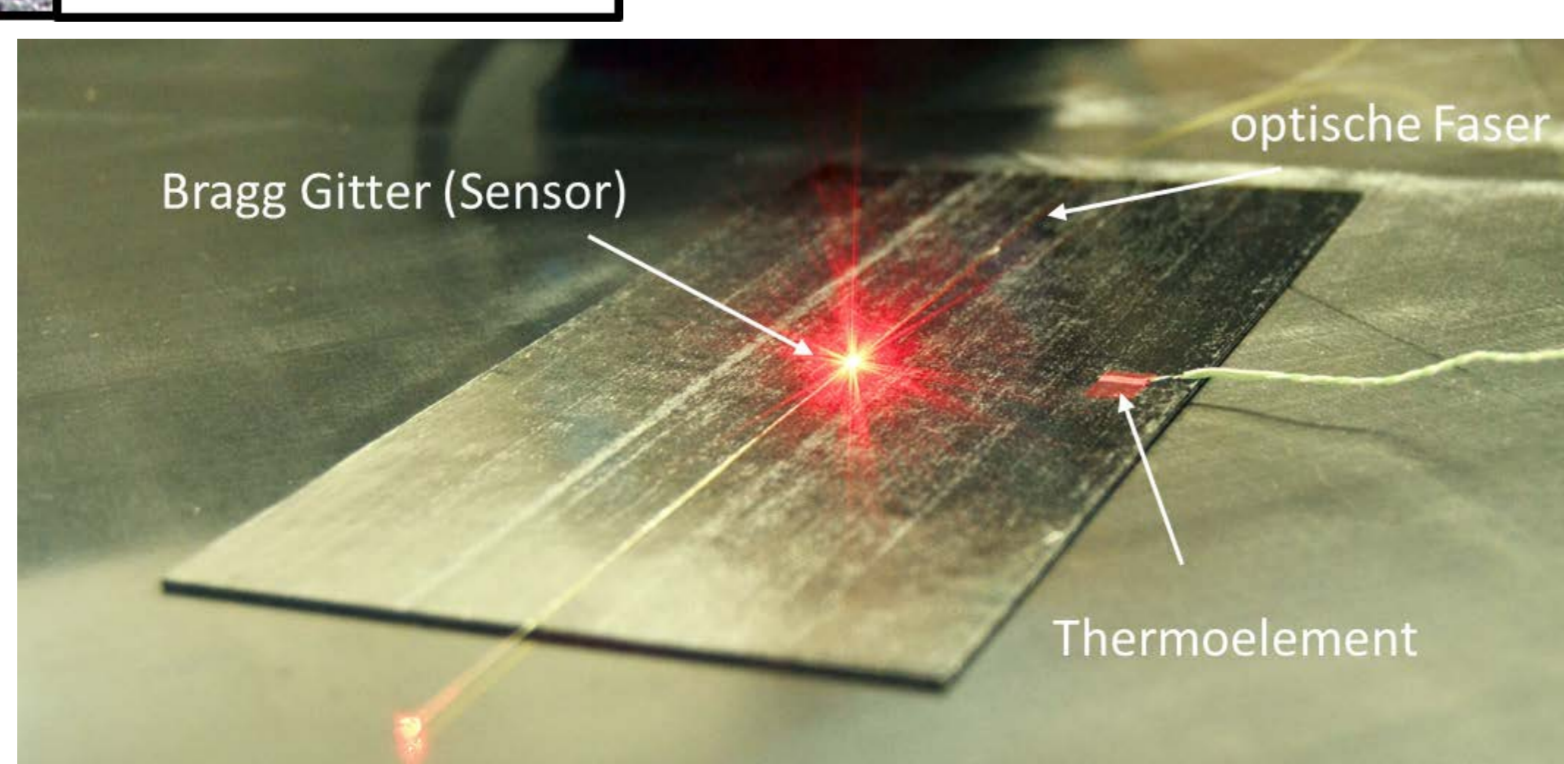
Ermittlung von Eigenstressen mittels Freilegen

Auswertung der Krümmung asymmetrischer Proben



Schliffbild eines Hybridlaminats mit integriertem FBG-Sensor

Integration eines FBG-Sensors (Visualisierung des Messgitters mittels Prüflaser)



Vorgehen

- Fertigung von Faser-Metall-Laminaten (FML) aus CFK-Prepreglagen und dünnen Stahlschichten mit Dicken $< 0,12\text{mm}$.
- Integration faseroptischer Dehnungssensoren (FBG) zur Beobachtung der Eigendehnungsentwicklung und Spannungsübertragung innerhalb von FMLs während der Aushärtung
- Ermittlung von Auswirkungen und Mechanismen von veränderten Prozessparametern (Druck, Temperatur, Fertigungsumgebung)
- Ermittlung der Eigenstressen aus den gemessenen Eigendehnungen bei Raumtemperatur, sowie der Dehnungsänderung durch nachträgliches Entfernen von Einzellagen (Freilegen) und der Krümmung asym. Proben
- Anpassung von Temperaturzyklen zur Senkung von Eigenstressen (Entwicklung von „smart-cure-cycles“)
- Bestimmung der Auswirkung von Eigenstressen auf wesentliche Lamineigenschaften in CFK-Stahl-Hybriden