

# STAPELGEWICKELTE HOCHLEISTUNGS-CFK-ROHRE MIT INTEGRIERTEN LASTEINLEITUNGSELEMENTEN (TUBES)

Prozessfähigkeitsnachweis für die Herstellung von stapelgewickelten Rohren mit integrierten Lasteinleitungselementen

04/2016 – 05/2018

## Ausgangssituation

Leichtbau ist besonders für Produkte mit hohen dynamischen Anforderungen unerlässlich. Daher werden schnelllaufende Wellen oder Steuerstäbe schon seit vielen Jahren in CFK-Leichtbau gefertigt. Unerlässlich für eine Anwendung von CFK-Leichtbaurohren ist, dass die angewandten Verfahren zu wettbewerbsfähigen Produktkosten führen. Hierzu hat die COTESA GmbH das äußerst produktive Stapelwickelverfahren entwickelt, bei dem ganze Lagenstapel aus Prepregs in einem Schritt verarbeitet werden. Dieses eignet sich besonders zur schnellen und kosteneffizienten Herstellung von sehr leistungsfähigen Leichtbaurohren. Das große Manko besteht aktuell noch darin, dass im Anschluss an das überaus produktive Stapelwickelverfahren die Lasteinleitungselemente in einem separaten Schritt eingebracht werden und damit die Wirtschaftlichkeit wieder negativ beeinflusst wird.

## Forschungsziel

Im Projekt soll das Stapelwickelverfahren im Hinblick auf die verfahrensintegrierte, form- und stoffschlüssige Einbringung von Lasteinleitungselementen erweitert werden. Im Stand der Technik werden diese üblicherweise nachträglich eingeklebt, verpresst oder vernietet, wodurch nicht unerhebliche Mehrkosten infolge Mehrarbeit im Prozess entstehen. Mit dem neuen Verfahren sollen hingegen die Lasteinleitungen bereits bei der Laminatfertigung mit eingebracht werden und somit ein deutlich effizienteres und zugleich weniger aufwendiges Verfahren als im Stand der Technik bisher bekannt bereit gestellt werden. Dadurch wird die Anwendung von CFK-Leichtbaurohren mit integrierten Lasteinleitungselementen für eine Vielzahl von Anwendungen wirtschaftlich attraktiv. Neben der eigentlichen Verfahrensentwicklung stand der Nachweis der Prozessfähigkeit des Verfahrens im Fokus des Forschungsprojektes, da erst dadurch ein qualifizierter und kosteneffizienter Entwicklungsprozess ermöglicht wird.

## Ergebnis

Das Teilprojekt des KVB befasste sich mit dem Prozessfähigkeitsnachweis des Verfahrens und der Schaffung von Akzeptanzkriterien der entwickelten Hochleistungsrohre mit integrierten Lasteinleitungselementen. Hierzu wurden eigene Versuchsstände zur Prüfung der Medienbeständigkeit und der Impacttoleranz aufgebaut, die an die speziellen Erfordernisse solcher Strukturen angepasst wurden. Die damit durchgeführten Untersuchungen ließen Rückschlüsse zu tolerierbaren fertigungs- und anwendungsbedingten Fehlern zu bzw. erlaubten die Ableitung zulässiger Umgebungsbedingungen

auf stapelgewickelte Hochleistungsrohre mit integrierten Lasteinleitungen ohne signifikanten Einfluss auf die Bauteiltragfähigkeit.

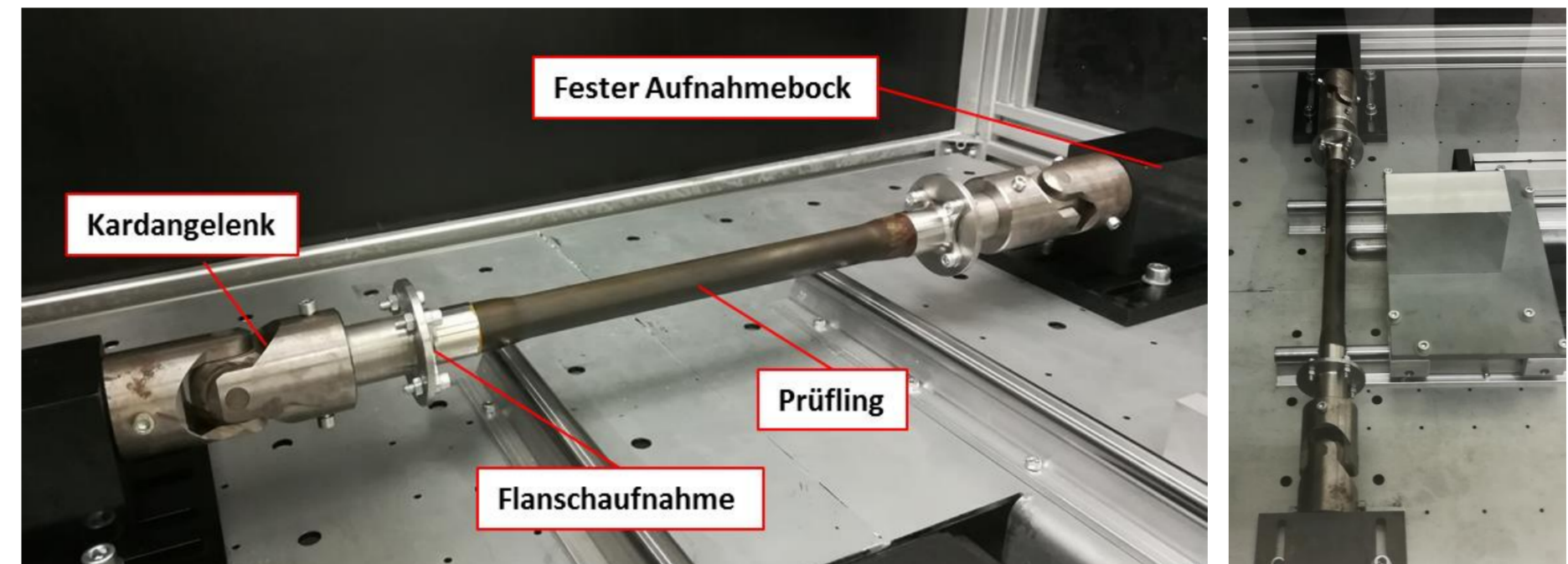


Abbildung: Impactprüfung an stapelgewickelten Rohren mit integrierten Lasteinleitungen

Weiterhin wurde im Teilprojekt des KVB ein wissenschaftliches Prozessverständnis der chemisch-physikalischen Vorgänge bei der Ausbildung der Fügezone anhand wissenschaftlicher Analysen der Herstellprozesse geschaffen.

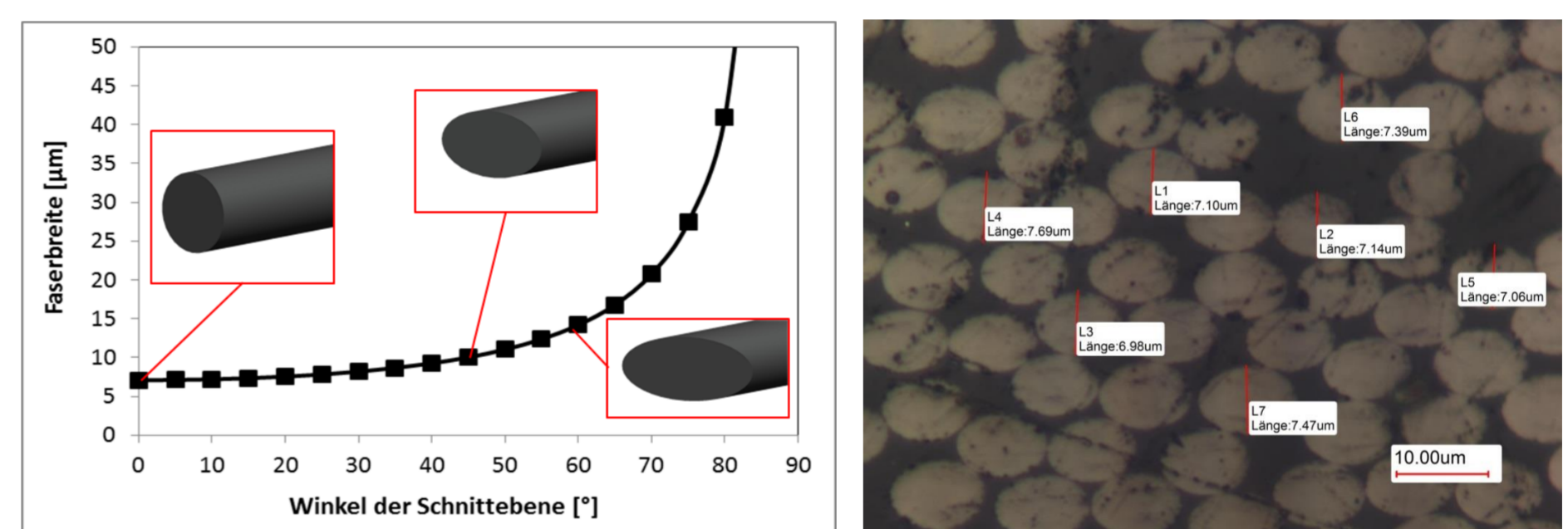


Abbildung: Methodik zur Ermittlung der realen Faserorientierungen

Dies war ein essentieller Schritt um die prozessbedingten Fehler zu verstehen und eine Methodik zur Simulation auf Basis numerischer Methoden zu entwickeln. Diese wiederum ist für die Auslegung derartiger Strukturen erforderlich, was einen wichtigen Faktor für den Erfolg der Stapelwickeltechnologie mit integrierten Lasteinleitungen darstellt.

## Bedeutung

Die entwickelte Technologie kann zur Herstellung von Leichtbaurohren mit verfahrensintegrierten stoff- und formschlüssig angebundenen Lasteinleitungen angewendet werden und auch der erforderliche Prozessfähigkeitsnachweis konnte erfolgreich erbracht werden. Das Verfahren weist im Vergleich zu klassisch gefertigten Rohren mit nachträglich aufgedruckten Lasteinleitungen eine deutlich höhere Effizienz und damit verbunden geringere Bauteilpreise aufgrund eingesparter nachgelagerter Bearbeitungsschritte bei gleichzeitig höherer Beanspruchbarkeit der CFK-Rohr-Flansch-Verbindung auf. Im Schnitt konnte im Vergleich zu klassisch gefertigten Wellen eine Kostenersparnis von 32% realisiert werden. Einer breiten Marktdurchdringung der Technologie steht demnach nichts mehr im Wege.