

Projekttitle: „Faserschonende Carbonfaserproduktion und -weiterverarbeitung durch innovatives Galetten-Oberflächen-Design“
– CarboGerd –

Partner: 3win Maschinenbau GmbH, Aachen
SAM Coating GmbH, Eggolsheim
Rauschert GmbH & Co. KG, Scheßlitz (assoziierter Partner)
Topocrom GmbH, Hardtring (assoziierter Partner)

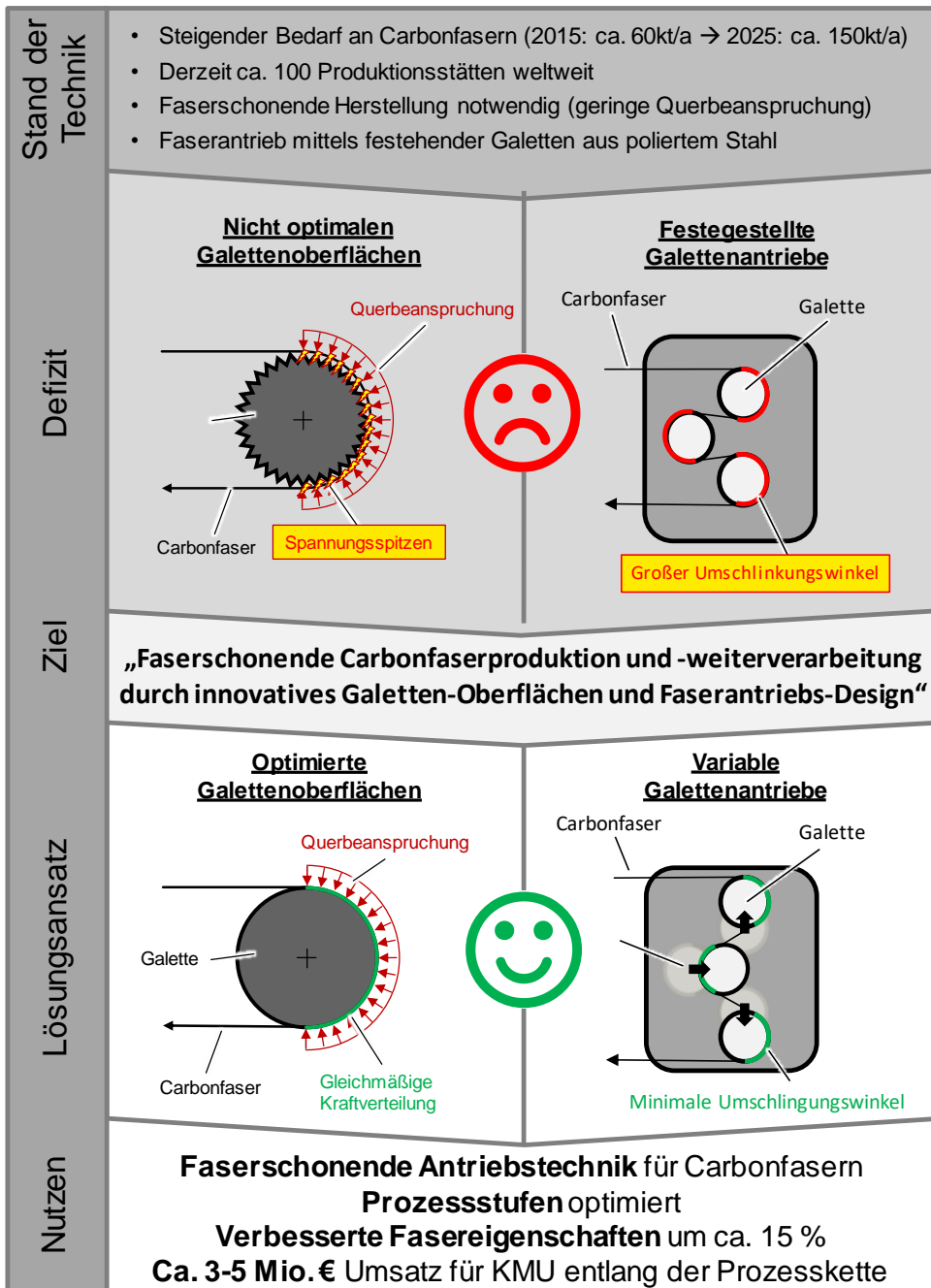
Laufzeit: 4/2020 – 2/2022

Förderträger: ZIM

Univ.-Prof.
Prof. h.c. (Moscow State Univ.)
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.
Thomas Gries
Institutsleiter

Lukas Lechthaler
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Mein Zeichen: LL
29.06.2020



Problemstellung

Carbonfasern weisen bei einer geringen Dichte von $1,4 \text{ g/cm}^3$ hervorragende mechanische Eigenschaften auf (Zugfestigkeit bis zu 7 GPa). Verantwortlich für die mechanischen Eigenschaften sind die in Faserrichtung ausgerichteten, hexagonalen Graphenmoleküle. Um diese zu orientieren, wird die Carbonfasern im Herstellungsprozess um bis zu 20 % verstreckt. Dabei wirken hohe Kräfte auf die Faser. Während die Carbonfaser Kräfte in Faserrichtung problemlos aufnehmen kann, ist sie gegen Querbeanspruchung aufgrund ihres anisotropen Werkstoffverhaltens äußerst empfindlich.

Über mehrere Galettenumschlingungen wird eine ausreichende Haftreibung zwischen Faser und Galette erzeugt und somit eine Kraft auf die Faser aufgebracht. Durch die Umschlingungen werden allerdings unvermeidbare Querbeanspruchungen in die Faser induziert, welche einzelne Filamente des Rovings beschädigen oder zerstören können. Der Forderung nach einer faserschonenden Oberfläche steht die benötigte Haftreibung zwischen Faser und Galette gegenüber, um den Antrieb der Faser zu realisieren und eine Relativbewegung zwischen Faser und Galette zu vermeiden. Eine Relativbewegung zwischen Faser und Welle ist unerwünscht, da bei der hier entstehenden, tribologischen Belastung die Querkraft-empfindliche Carbonfaser beschädigt werden kann. Als Anforderungen an die Oberfläche der Antriebs-Galette ergeben sich somit ein hoher Haftreibungskoeffizient μ_{Haft} bei einer gleichzeitig geringe Faserschädigung

Ziel und Ansatz

Ziel des hier beantragten Forschungsprojektes ist daher die Entwicklung und Validierung einer optimalen Galetten-Beschichtung für eine faserschonende und qualitätssichernde Carbonfaserproduktion. Insbesondere wird sowohl eine optimierte Beschichtung für die Antriebs- als auch für Umlenkungs-Galetten (bzw. -wellen) für alle Stufen des Carbonfaser-Produktionsprozesses (Stabilisierung, Carbonisierung und Nachbehandlung) entwickelt. Die Anforderungen an die angestrebte Galetten-Beschichtung sind:

1. Ausreichend hoher Haftreibungskoeffizient μ_{Haft}
2. Geringe Faserschädigung
 - bei Antriebs-Galetten: ohne Auftreten von Relativbewegung
 - bei Umlenkungs-Galetten: mit Auftreten von Relativbewegung

Beide Anforderungen stehen gemäß konventioneller Reibungstheorie im Zielkonflikt zueinander, da hohe Reibungskoeffizienten i.d.R. über hohe Oberflächenrauigkeiten realisiert werden, die im Kontakt mit Carbonfasern zu einer starken Filamentschädigung führen. Eine Ausnahme bildet die in den Forschungsprojekten Chromosphere und Carbonsphere bereits erprobte Topochrom-Beschichtung, die durch eine geeignete Oberflächentopographie diesem Zielkonflikt begegnen kann.

Wirtschaftliche Bedeutung und Nutzen

Der globale Carbonfasermarkt verfügt momentan über ein jährliches Volumen von ca. 2.500 Mio. €. Die jährliche Wachstumsrate beträgt 13 %. 2016 betrug der weltweite Bedarf ca. 64.000 Tonnen. Prognosen zeigen, dass sich der Bedarf bis 2025 mehr als verdoppeln wird.

Haupttreiber sind der Markt für Windkraftanlagen und Automobilanwendungen. Der weltweite Bedarf wird momentan von etwa 10 verschiedenen Großunternehmen bedient, die mehr als 95 % der weltweiten Produktionskapazität halten. Um dem wachsenden Bedarf nach Carbonfasern begegnen zu

können, erhöhen etablierte Hersteller ihre Produktionskapazitäten. Mit einer durchschnittlichen Linienkapazität von ca. 1.500 t/a entspricht dies ca. 23 weiteren Produktionslinien, die alleine zwischen 2016 und 2018 installiert wurden und werden. Ein Faserleitsystem für eine Carbonfaserproduktionslinie kostet zwischen 2 und 3 Mio. €. Hiermit ergab bei 23 installierten Anlagen zwischen 2016 und 2018 ein durchschnittlicher Gesamtmarkt von ca. 20 Mio pro Jahr allein für die Faserleitechnik.

Lösungsweg

Zur Identifikation einer geeigneten Beschichtung wird auf ein möglichst breites Spektrum an Werkstoffen zurückgegriffen, um die tribologische Problematik umfassend zu untersuchen. Dazu werden sowohl typische Beschichtungen (Keramik, Topochrom-Beschichtungen) wie auch unkonventionelle Lösungsansätze (Elastomer, PACVD Schichten) in Betracht gezogen.

Die Überprüfung des Haftreibungskoeffizienten wird auf dem hauseigenen, tribologischen Prüfstand „Tribometer nach Lünenschloss“ der Haftreibungskoeffizient für verschiedene Prozessstufen der Carbonfaser (Precursor, verschiedene Stabilisierungsstadien, verschiedene Carbonisierungsstadien) und unterschiedliche Beschichtungen (Keramik, Chrom, Elastomer, PVD/PACVD-Schichten, ...) bestimmt. Die Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten anstelle des Gleitreibungskoeffizienten ist zielführend, da in im Produktionsprozess eine Relativbewegung zwischen Carbonfaser und Galette zu vermeiden ist und somit nicht auftritt. Die auf dem Prüfstand ermittelten Werte sind daher realitätsnäher und können im weiteren Projektverlauf besser auf eine reale Produktionsanlage übertragen werden.

Der Einfluss der Querkraft auf die Qualität der Carbonfaser wird auf einem weiteren, tribologischen Prüfstand „ITA Tribometer“ überprüft. Dazu wird der Prüfstand durch geeignete Motor- und Sensor-Technik modifiziert, sodass für Carbonfasern relevante Kräfte abgebildet werden können. Zudem wird die Aufnahme des Prüfkörpers rotatorisch gelagert, damit die beschichteten Prüfkörper während der tribologischen Untersuchungen mitdrehen und keine Relativbewegung auftritt. Die gemessene Faserschädigung kann so auf das Zusammenspiel von Beschichtung und auftretenden Querkraften zurückgeführt werden und ist damit ein Maß für die durch die Beschichtung eingebrachte Faserschädigung.

Für jede Beschichtungs-kategorie werden verschiedenste Varianten getestet. Die in Versuchen jeweils als geeignetste, ermittelte Schicht wird in einem zweiten Schritt durch den Beschichter vorgegebenen Grenzen variiert, um den optimalen Aufbau einer Variante zu identifizieren. Die ermittelten optimalen Aufbauten der Varianten werden abschließend auf der Carbonfaser-Produktionsanlage des ITA für alle Prozessstufen der Carbonfaser validiert und miteinander verglichen.

Danksagung

Das Forschungs-Vorhaben ZF4558966AT9 der AiF Projekt GmbH, Berlin wird im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.