

Erläuterungen zur TFP-Technologie

1. Faserverbunde sind "Werkstoffe nach Maß"

Ein besonderes Merkmal der Langfaserverbunde sind ihre anisotropen Eigenschaften. Nur in Faserrichtungsrichtung sind die maximalen mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeiten und Steifigkeiten, vorhanden.

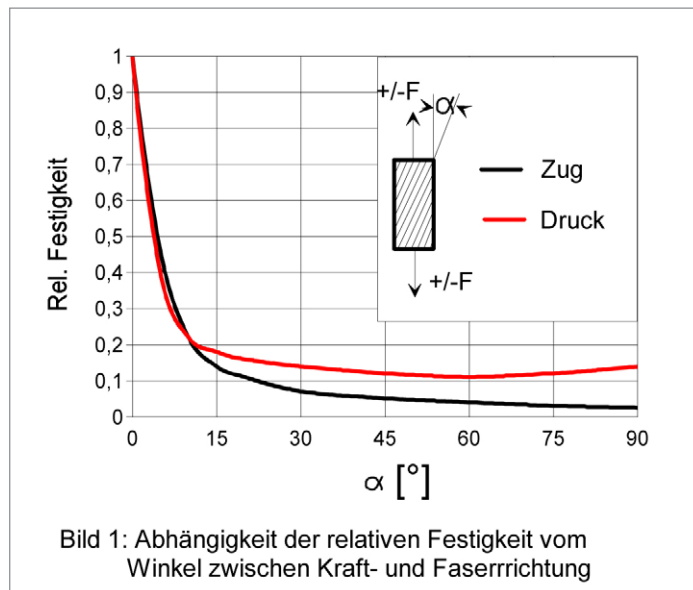


Bild 1: Abhängigkeit der relativen Festigkeit vom Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung

Bei Differenzen zwischen Beanspruchungsrichtung und Faserrichtung reduzieren sich die nutzbaren Eigenschaftswerte sehr deutlich (vgl. Bild 1). Deshalb ist man bestrebt, die Fasern möglichst beanspruchungsgerecht im Faserverbund-Bauteil zu positionieren. Man spricht dann vom "Werkstoff nach Maß". Mit analytischen und numerischen Berechnungsmethoden sind die Beanspruchungen im Bauteil qualitativ und quantitativ ermittelbar.

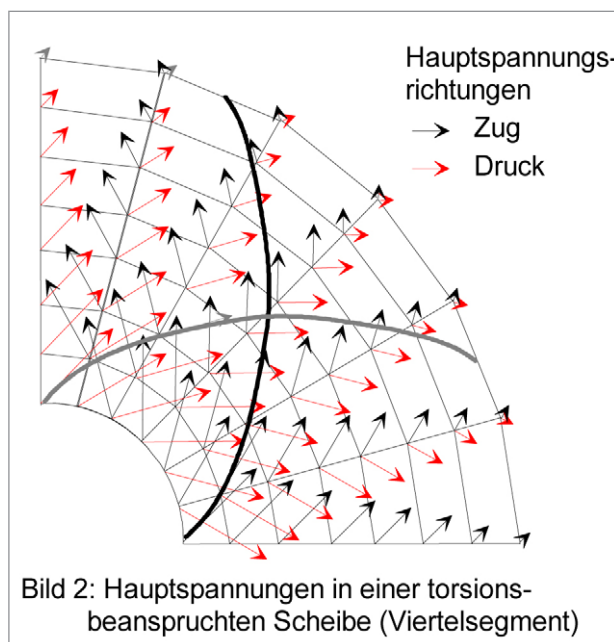


Bild 2: Hauptspannungen in einer torsionsbeanspruchten Scheibe (Viertelsegment)

Als Beispiel in Bild 2 ist eine auf Torsion beanspruchte Scheibe auf ihre "Kräftepfade" hin berechnet.

Die Auswertung des Ergebnisfiles einer FEM-Rechnung mit den Vektoren der Hauptspannungen, die ein Maß für die Kraft bzw. Spannungsverteilung im Bauteil darstellen, ergibt für den beanspruchungsgerechten Faserverlauf die eingezeichneten Evolventen, die sich unter 90 ° kreuzen.

Für eine hundertprozentige beanspruchungsgerechte Faserverstärkung einer derartigen Faserverbundscheibe müsste der Faserverlauf dem Evolventenverlauf

entsprechen. Das hieße, die Verstärkungsfasern würden flächendeckend alternierend unter + 45 ° und - 45 ° abgelegt. Im Zentrum der Scheibe sind die Belastungen hoch und an dem Außenrand geringer, so dass entsprechende Unterschiede der Bauteildicke erforderlich sind. Das ist mit konventionellen Verstärkungsfaser-Halbzeugen, wie Geweben, Multiaxialgelegen und Geflechten, nur bedingt möglich.

2. Herstellung 2D-verstärkender Preforms (Faserverstärkungen) für Faserverbund-Bauteile mittels Tailored-Fiber-Placement-Technologie

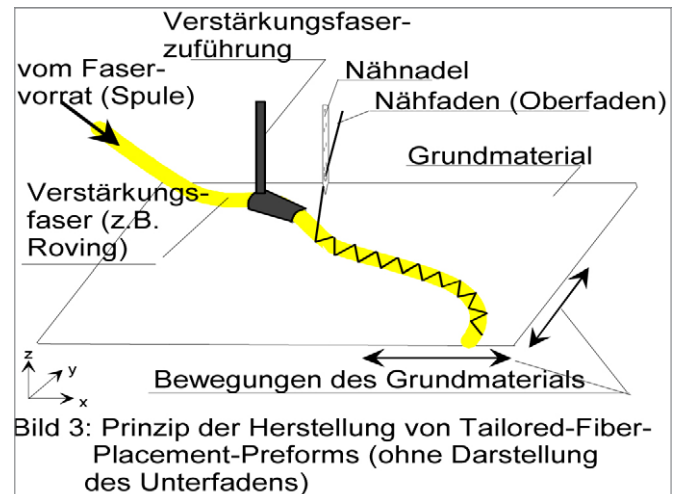
Zur Verstärkung von Faserverbunden (FV) sind eine Vielzahl von Textilkonstruktionen bekannt, die nach verschiedenen Technologien hergestellt werden. Diese Textilkonstruktionen können z.B. gewebt, gewirkt, gestrickt oder geflochten sein.

Zur Verstärkung von hochbeanspruchten FV-Bauteilen sollten die Verstärkungsfasern im Bauteil wie folgt vorliegen:

- möglichst gestreckt (ohne Welligkeit und Fadendrehung),
- in Beanspruchungsrichtung und
- gleichmäßig beansprucht (Bauteilquerschnitt und -kräfte sind äquivalent).

Die oben genannten drei Anforderungen werden von konventionellen textilen Konstruktionen besonders für komplizierte Bauteilgeometrien und Kraftverläufe im Bauteil meist nur teilweise erfüllt.

Im Institut für Polymerforschung Dresden e.V. wurde die Tailored-Fiber-Placement-Technologie (TFP-Technologie) entwickelt, die es ermöglicht, die Ergebnisse von Kraftfluss- und Spannungsberechnungen effektiv in eine textile Struktur umzusetzen. Grundlage ist ein Stickautomat, der durch Scannen des Faserverlaufs und dessen softwaremäßiges Umsetzen in ein Stickmuster Verstärkungsfasern, z.B. in Form von Rovings, auf ein Grundmaterial aufnäht (vgl. Bild 3). Beispiele dazu in der Beispielsammlung Pkt. 6.



Die TFP-Technologie weist mehrere wesentliche Vorteile gegenüber üblichen Textiltechnologien auf:

- Der Ablagewinkel des Fasermaterials kann im Prozeß der Flächenbildung zwischen 0° und 360° in der Verstärkungsebene variieren.
- Durch wiederholtes Übereinandernähen von Fasermaterial sind lokal variable Wanddicken des späteren Faserverbund-Bauteiles möglich.
- Das Umsetzen des Faserverlaufes in ein Faserablageprogramm des Stickautomaten erfordert nur sehr geringen Entwicklungsaufwand.
- Das Verfahren erlaubt eine near-net-shape-Produktion, die geringen Abfall und optimale Materialausnutzung zur Folge hat.
- Die Verarbeitung von Natur-, Glas-, Aramid-, Kohlenstoff- (hochfest und hochmodulig) sowie Keramikfasern ist ohne Probleme möglich.

3. Verarbeitung der TFP-Preforms

Die Verarbeitung derartiger Preforms erfolgt mit den üblichen Verarbeitungstechnologien, wie Harzinjektionsverfahren, Vakuum-Folieverfahren, Pressverfahren sowie Autoklavverfahren. Bei Einsatz von Thermoplastmatrix kann mit dem Verstärkungsmaterial gleichzeitig das Matrixmaterial in Form von Foliebändchen oder Fasern mit aufgenäht werden. Weiterhin kann als Grundmaterial eine entsprechende Thermoplastfolie verwendet werden, die beim Konsolidieren mit aufgeschmolzen wird. Diese Variante eignet sich sehr gut für tiefzuziehende TFP-Preforms.