

Untersuchung von dickwandigen GFK-HD-RTM Platten mittels Ultraschall-doppelbrechung

Linus LITTNER¹, Yannick BERNHARDT¹, Marc KREUTZBRUCK¹, Richard PROTZ²,
Maik GUDE²

¹ Institut für Kunststofftechnik der Universität Stuttgart, Stuttgart

² Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der Technischen Universität
Dresden, Dresden

Kontakt E-Mail: linus.littner@ikt.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) werden immer häufiger auch in Bauteilen mit größeren Wanddicken eingesetzt. Dabei spielen vor allem die exzellenten gewichtsspezifischen mechanischen Eigenschaften eine wichtige Rolle. Um dieses Leichtbaupotenzial der FKV voll auszunutzen, ist es von großer Bedeutung, den Einfluss von Defekten auf das Versagensverhalten zu verstehen. Dabei muss sichergestellt werden, dass die vorliegenden Defekte auch detektiert werden können. Dafür stehen verschiedenste Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) zur Verfügung. Ein Bereich der ZfP ist die Prüfung mittels Ultraschall. Da Reflexionen und innere Streueffekte bei Ultraschallprüfungen an Laminaten mit zunehmender Wanddicke zu nicht zu vernachlässigenden Verlusten des Messsignals führen, muss die zerstörungsfreie Prüfbarkeit von dickwandigen Laminaten unterschiedlichen Lagenaufbaus mittels Ultraschall erst nachgewiesen werden.

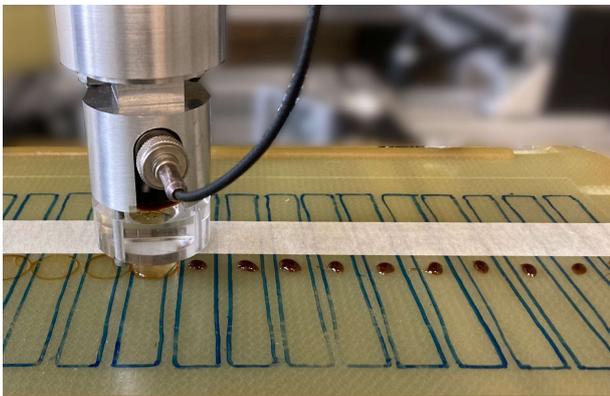
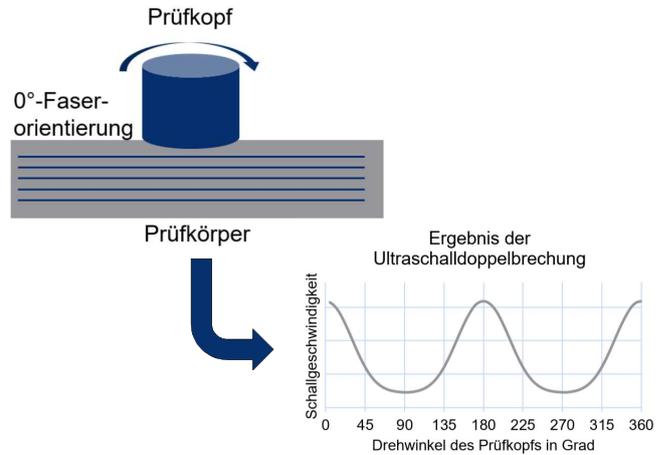
Der Fokus dieser Arbeit liegt im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung von dickwandigen Laminaten aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Die 4 mm bzw. 10 mm dicken Prüfkörper wurden mit einer $[-45^\circ, +45^\circ]_8$ bzw. $[-45^\circ, +45^\circ]_{21}$ Faserorientierung mittels Hochdruck Resin Transfer Molding (HD-RTM) hergestellt. Als Prüfverfahren wurde die Ultraschall-doppelbrechung verwendet. Hierbei werden polarisierte Schwerwellen genutzt, um den Faseraufbau und somit auch mögliche Faserfehlorientierungen zu ermitteln. Zur Ermittlung der Faserorientierung wurden die Messergebnisse mit den Ergebnissen eines numerischen Ringpuffermodells verglichen. Durch eine anschließende Röntgenuntersuchung der Prüfkörper war es zudem möglich, die Ergebnisse der Ultraschall-doppelbrechung mit diesen zu vergleichen, um somit Rückschlüsse auf die Qualität der Messergebnisse zu erhalten. Somit konnten die Einsatzmöglichkeiten der Ultraschall-doppelbrechung in Bezug auf die Wanddicke sowie den Faseraufbau von Bauteilen bestimmt werden.

Untersuchung von dickwandigen GFK-HD-RTM Platten mittels Ultraschall Doppelbrechung

Stand der Forschung:

Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) werden immer häufiger auch in Bauteilen mit größeren Wanddicken eingesetzt. Berücksichtigt man den statistischen Größeneffekt, so ist die Wahrscheinlichkeit eines Defekts ungleich höher als in einem dünnwandigen Bauteil. Aus diesem Grund spielt die zerstörungsfreie Detektion von Defekten in dickwandigen Laminaten und deren Prüfbarkeit eine wichtige Rolle.

In dem hier vorgestellten Prüffall werden 4 mm und 10 mm dicke GFK Platten mit einem $[-45^\circ, +45^\circ]_8$ bzw. $[-45^\circ, +45^\circ]_{21}$ Fasergeflecht mithilfe von Scherwellen untersucht. Der Doppelbrechungseffekt führt dabei zu einer richtungsabhängigen Schallgeschwindigkeit, mit deren Hilfe die Anisotropie eines Bauteils charakterisiert und mögliche Abweichung von der erwarteten Anisotropie und somit mögliche Faserverschiebungen ermittelt werden können.



Experimentelles Vorgehen:

Um die Güte der Ergebnisse der Ultraschall Doppelbrechung an dickwandigen Prüfkörpern zu untersuchen, wurde die Schallgeschwindigkeit der Prüfkörper mit einem Scherwellenprüfkopf (1MHz, Olympus) bei unterschiedlichen Polarisationswinkeln experimentell ermittelt. Zu Vergleichszwecken wurden diese mit den Prognosen eines Simulationsmodells verglichen. Zur Quantifizierung wurde hierzu die normierte Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme (RMSE) gebildet.

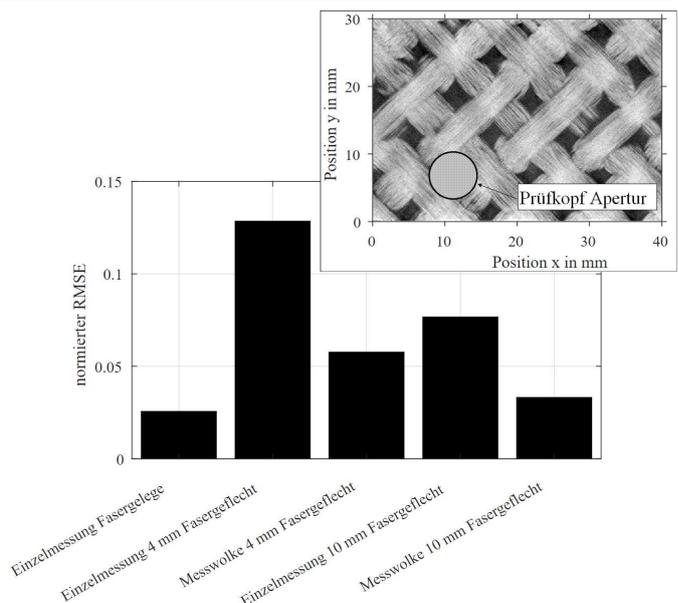
Als Benchmark zu den hier erfassten experimentellen Ergebnissen wurden zudem Messungen an einer dünnwandigen GFK Platte mit einem $[-45^\circ, +45^\circ]_4$ Fasergelege durchgeführt, da hier erfahrungsgemäß sehr gute Ergebnisse zu erwarten sind. Weiterführende μ CT Untersuchungen wurden zudem zur Analyse der gemessenen Phänomene durchgeführt.

Untersuchungsergebnisse:

Die Ergebnisse zeigen, dass im Vergleich zu einem Fasergelege bei dem Fasergeflecht eine 5-fach höhere Abweichung zwischen Messung und Simulation vorliegt. Die CT Ergebnisse legen nahe, dass dies in erster Linie auf das herstellungsbedingte Flechtmuster zurückzuführen ist, durch welches nur eine teilweise Betrachtung des Faseraufbaus möglich ist. Eine Verbesserung der Ergebnisse konnte hier durch das Zusammenfassen von mehreren Einzelmessungen zu einer Messwolke realisiert werden.

Auffällig ist, dass bei den dickwandigen Proben die Abweichung zwischen Messung und prognostizierten Ergebnissen geringer ist. Diese lässt sich durch die steigende Anzahl der Faserlagen erklären, durch die eine Homogenisierung erreicht wird. Wird das Ergebnis zudem aus einer Messwolke generiert, lassen sich die Abweichungen zwischen Messung und Simulation auf das 1,3-fache des Referenzprüfkörpers verringern.

Zukünftig soll untersucht werden, wie gut der RMSE zur Charakterisierung der Belastbarkeit von dickwandigen Laminaten herangezogen werden kann.



Danksagung:

Die hier vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft e.V. (DFG) geförderten Forschungsprojekts 428323347.

Weiterer Dank gilt den Projektpartnern des ILK der TU Dresden, des IFL der TU Braunschweig sowie des IPC der TU Hamburg.

Ansprechpartner

M. Sc. Linus Littner
Pfaftenwaldring 32
70569 Stuttgart
linus.littner@ikt.uni-stuttgart.de