

## Experimentelle und theoretische Untersuchungen zu den Eigenschaften von 3D-Faserverbundstrukturen

Bearbeitet von Andreas Reimer

Am Institut für Flugzeugbau und Leichtbau der TU Braunschweig werden im Rahmen eines Forschungsprogramms zur Niedersachsenförderung Untersuchungen zu den Eigenschaften von dreidimensionalen Faserverbundstrukturen durchgeführt. Ein Schwerpunkt des Programms, der gemeinsam mit Partnern am Standort Stade der Airbus Deutschland GmbH und am Institut für Strukturmechanik des DLR in Braunschweig bearbeitet wird, liegt im Vergleich der Eigenschaften von unverstärktem und dreidimensional vernähtem Multiaxialgelege.

Ein Multiaxialgelege (Abb. 1) besteht aus einzelnen Faserbündeln (Rovings), die in einer Ebene parallel zueinander und in Schichten unterschiedlicher Faserorientierung übereinander angeordnet und durch einen Kettfaden zusammengehalten werden. Die Verstärkungsfasern werden im Vergleich zu Geweben weniger stark onduliert und damit optimaler ausgenutzt. Zugleich lässt sich der Ablagewinkel der Fasern nahezu beliebig variieren und eine höhere Anzahl an Einzellagen kann in einem Halbzeug zusammengefasst werden. Zusammen mit der Anwendung von Harzinjektionsverfahren wird der Fertigungsaufwand damit verringert.

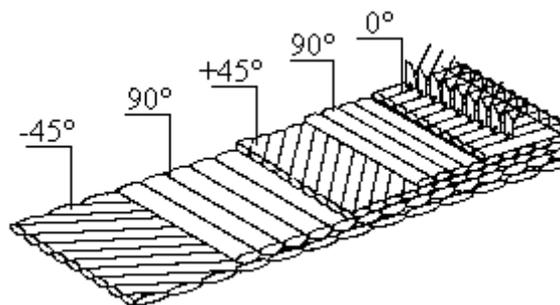


Abb. 1: Multiaxialgelege

Seit langem werden am IFL Untersuchungen an Faserverbundwerkstoffen mit Hilfe von Rohrproben durchgeführt, denn Rohrproben haben entscheidende Vorteile gegenüber Flachproben. Durch das Aufwickeln des Fasermaterials zu einem Rohr entsteht ein "unendlich" großes Laminat, in dem es keinen störenden Einfluss aus einem freien Probenrand gibt. Aufgrund der Dehnungsunverträglichkeit der einzelnen Schichten mit unterschiedlichen Orientierungen kommt es am Rand von Flachproben zu starken dreidimensionalen Störspannungen. Ein weiterer Vorteil liegt der Rohrproben darin, dass sich relativ einfach sowohl reine Torsions- als auch kombinierte Torsions- und Zug-/Druckbelastungen aufbringen lassen.

Mit einem am IFL entwickelten Harztränkverfahren werden Rohrproben aus unverstärktem und beim DLR mittels Tuftingverfahren 3D-vernähtem Multiaxialgelege gefertigt. Zur Ermittlung der Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte unter Torsion und kombinierten Belastungen werden die Proben in der Universal-Axial-Torsional-Prüfmaschine MTS des IFL geprüft (Abb. 2). Anhand dieser Ergebnisse ist eine Aussage zur Minderung der Eigenschaften des Laminats in der Ebene durch die Vernähung und der damit einhergehenden Ondulation der Fasern möglich.

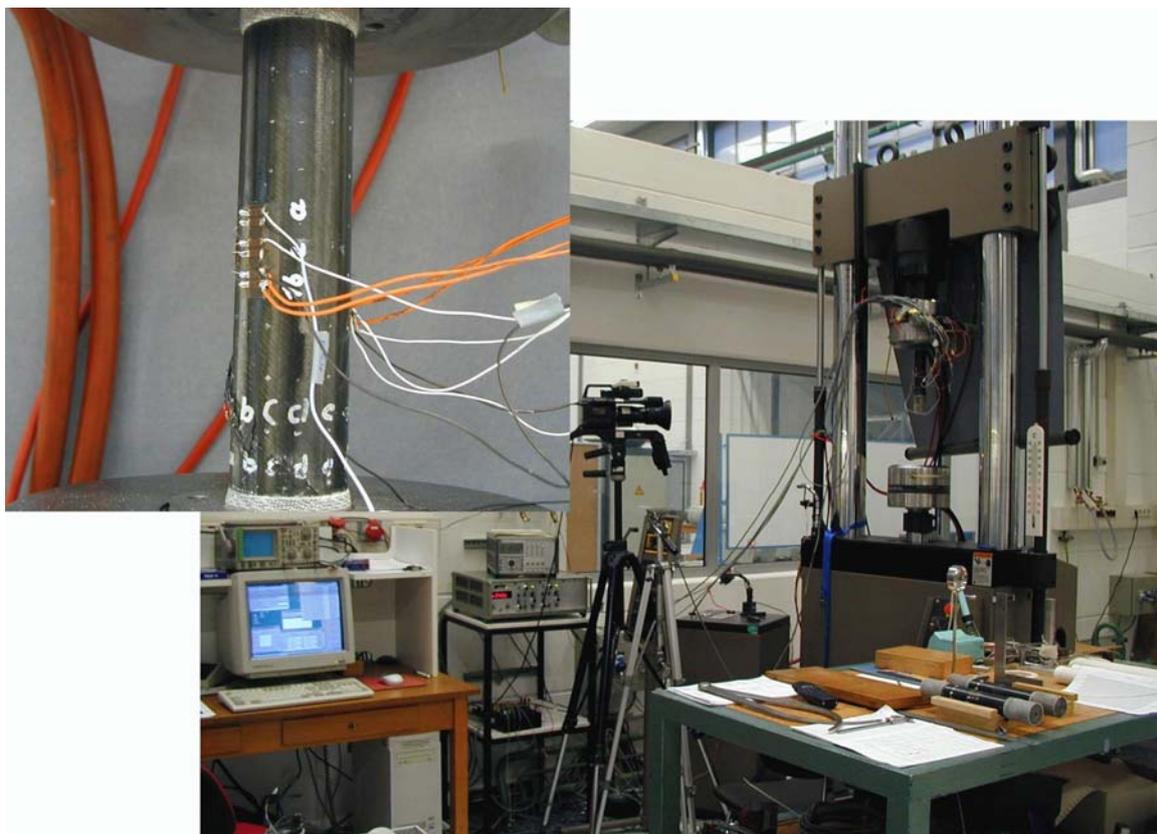


Abb. 2: Rohrprobe nach dem Bruchversuch im MTS-Prüfstand

Parallel dazu werden theoretische Untersuchungen durchgeführt, um die experimentellen Ergebnisse zu verifizieren und ggf. ein Versagensmodell zu finden. Zunächst wird die Rohrprobe mit Hilfe der Finiten Elemente Methode idealisiert und das globale Verhalten des Multiaxialgeleges betrachtet. Anschließend werden die Ergebnisse aus einem kleinen lokalen Bereich auf ein repräsentatives Volumenelement (RVE), auch als Elementarzelle bezeichnet, übertragen, so dass der Einfluss verschiedener Parameter näher untersucht werden kann. Die geometrischen Größen der einzelnen Faserbündel werden dafür anhand von Schlibfbildern bestimmt. Abb. 3 zeigt als Beispiel die Ondulation von 45°-Faserbündeln durch die im Gelege vorhandenen Kettfäden. Bei einer zusätzlichen 3D-Vernähung sind die Umlenkungen der Fasern noch deutlich größer, was die Eigenschaften in der Hauptfaserrichtung erheblich mindert.

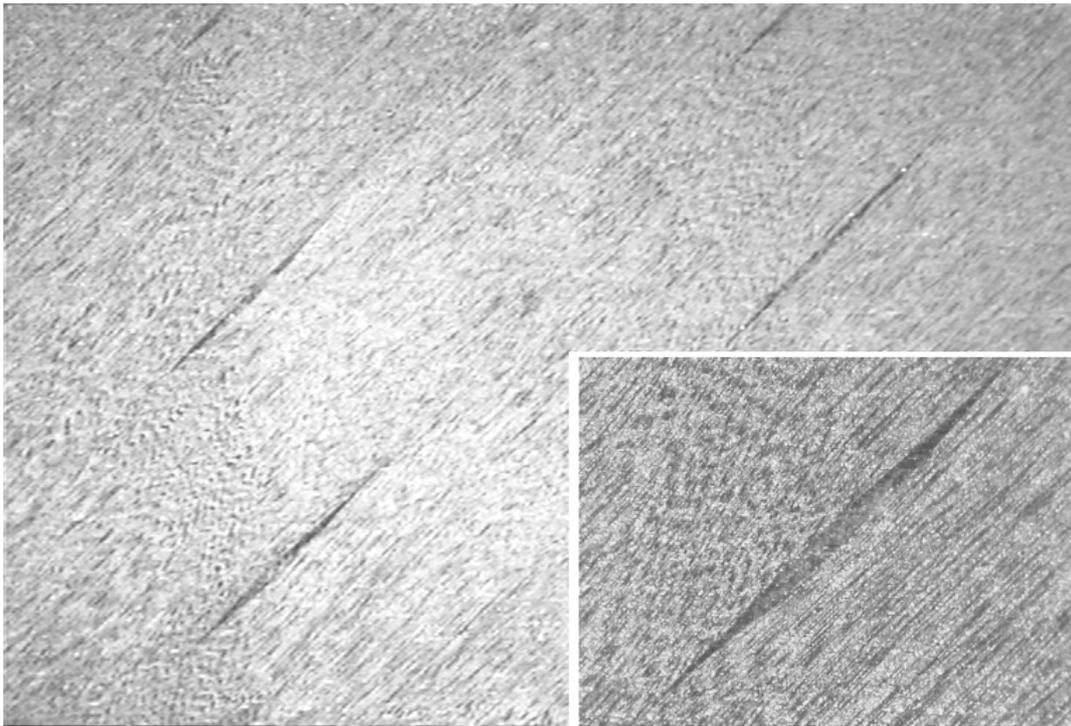


Abb. 3: Schliffbild eines Multiaxialgeleges parallel zur Faserebene ohne zusätzliche 3D-Verstärkung; Ondulation der 45°-Fasern durch den Kettfaden