

## LOPASA - LOKALE PATCHVERSTÄRKUNG VON SANDWICHVERBUNDEN

Projektleiter: Dipl.-Ing. Johannes Drechsel

Laufzeit: 08/18 – 12/20

### Ausgangssituation

Unter Schichtverbundwerkstoffen oder auch Sandwichwerkstoffen versteht man plattenförmige Materialien, welche einen leichten Kern aus Schaum- oder Wabenstrukturen aufweisen, der von zwei Deckschichten auf der Ober- und Unterseite eingeschlossen wird. Die Deckschichten bestehen bei Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) in der Regel aus Verstärkungsfasern, welche in einer Kunststoffmatrix eingebettet sind. Diese haben die Aufgabe, Zug- und Druckkräfte sowie Biegespannungen aufzunehmen bzw. abzuleiten, während der Kern Biegequerkräfte bzw. Schubspannungen und gegebenenfalls Lasteinleitungen von örtlichen Druck- und Zugkräften und die zugehörigen Spannungen senkrecht zur Deckschicht aufnimmt. Die eingebetteten Fasern in den äußeren Tragschichten weisen in der Regel eine  $0^\circ/90^\circ$ -Verstärkung auf. Krafteinleitungselemente werden häufig durch Metallbuchsen oder Direktverschraubungen in den Werkstoff eingebracht. Hierbei werden die Tragschichten beschädigt, was sich negativ zum einen auf die direkte Festigkeit des Sandwichpaneels und zum anderen auch auf die Standzeit der eingebrachten Verbindung auswirkt.

Bei Biegebelastung der Sandwichpaneelen treten an einer Seite des Schichtverbundwerkstoffs Druckkräfte und auf der gegenüberliegenden Seite Zugkräfte auf. Für die Zugkräfte sind die Fasern durch ihre  $0^\circ/90^\circ$ -Ausrichtung gut positioniert, so dass die Kräfte komplett an die Kraftaufnehmer abgeleitet werden können. Die Biegetragfähigkeit eines Sandwichelements wird meist durch die Normalspannungen in der druckbeanspruchten Deckschicht begrenzt. Die Deckschicht stellt eine auf dem Kern elastisch gebettete druckbeanspruchte Platte dar. Das Stabilitätsversagen der druckbeanspruchten Deckschicht hat vielfältige Gründe. Hierzu gehören neben der Delamination von Deckschicht und Tragschicht unter anderem:

- Versagen der Fasern durch Störungen und Defekte unter faserparalleler Belastung
- Schubversagen von gut gestützten Fasern in faserparalleler Belastung
- Versagen der Faser-Matrix-Anbindung

### Forschungsziel

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, ein Sandwich-Verbundmaterial zu entwickeln, welches durch das gezielte Aufbringen von Patches, d. h. zusätzlichen Verstärkungslagen in den höher beanspruchten Gebieten des Schichtverbundwerkstoffes, verstärkt wird und somit höheren Belastungen standhalten kann. Dazu gehört die Entwicklung eines skalierbaren Modells für eine standardisierte Auslegung von Sandwichplatten mit den entwickelten Verstärkungen. Da hierbei sowohl geometrische als auch materialtechnische Beschränkungen berücksichtigt werden müssen, werden die Belastungsfälle in diesem Vorhaben auf die Kernbeanspruchungen der Krafteinleitung und der globalen Durchbiegung der Sandwichpaneels beschränkt, da es sich hier um die häufigste Versagensursache handelt.

### Forschungsergebnis

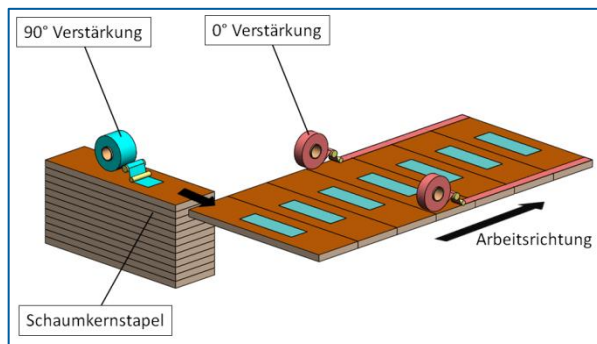
Der gezielte Einsatz von Patches in den Deckschichten von Sandwichpaneelen mit Schaumkern in Bereichen der höchsten Belastung bzw. des häufigsten Versagens führte zu einer deutlich längeren Lebensdauer. Es wurden Rahmenbedingungen für eine Skalierung gefunden sowie ein Prozess definiert, welcher die serielle Umsetzung der Patchaufbringung ermöglicht.

Als Hauptversagensbelastungen wurden die Lochlaibung sowie das Knittern der Deckschicht bei Druckbelastung ermittelt. Durch einen gezielten Einsatz von gerichteten Faserverbundlaminaten können Kräfte, welche zum Versagen führen, umgeleitet werden. Somit war es möglich, die Belastungsgrenzen des Sandwichs nach oben zu verschieben. Konkret konnte bei Lochlaibung eine Steigerung der Festigkeit um 30 % ermöglicht werden. Bei der Knitterbeanspruchung konnte ein Aufbau gefunden werden, welcher das Ablösen der Deckschicht bis zu einem

Biegewinkel von 13° ermöglichte, während bei unverstärkten Sandwichpaneelen gleicher Bauart bereits ein Deckschichtversagen bei 4° Durchbiegung eintrat.

Für eine Patchverstärkung eignen sich insbesondere dünne Kernverbunde, da hier die Durchbiegung am größten ist und das Versagen durch Knittern am häufigsten auftritt. Die Patches können problemlos bei großflächigen Kernverbunden angewandt werden, ohne dass eine Steigerung der Patchdicke erforderlich ist, da bereits die dünnen Verstärkungen einen Einfluss auf den Knitterwiderstand der Deckschicht haben. Konkret untersucht wurden die Aufbringung der Patches direkt auf dem Kern im Tapelegeverfahren, welche sich gut für die Verstärkung bei Lochlaibung eignet, sowie die direkte Aufbringung im Sandwichherstellungsprozess. Es konnte dargelegt werden, dass für eine großflächige Verstärkung die Aufbringung im Fertigungsprozess deutlich effizienter ist, während kleinere Verstärkungen im Tapelegeverfahren gut zu handhaben sind. Insbesondere die Ablage in verschiedenen Verstärkungsrichtungen, welche bei der Lochlaibung besondere Steigerungen erbrachte, ist im Tapelegeverfahren sinnvoll.

Die Herstellung im Serienprozess erforderte eine zweistufige Herstellung der Sandwichpaneele, da der Kern sehr dünn ist und bei zu starkem Wärmeeintrag kollabieren kann. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es sinnvoll ist, zunächst die fast durchimprägnierten Patches aufzubringen und anschließend eine Decklage mit hohem Matrixanteil.



Prinzipdarstellung der Verstärkung



Patchfixierung über Tapeleger

## Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Die lokale Verstärkung von thermoplastischen FKV wird aufgrund der speziellen Anforderungen an jeden Belastungsfall häufig in der Produktfinalisierung durchgeführt. Dabei wird das Verstärkungsprodukt in vielen Fällen in seiner Struktur beschädigt. Eine Einbringung der Verstärkungen schon während der Halbzeugherstellung ist jedoch nur sinnvoll, wenn alle Belastungsfälle schon von Anfang an klar feststehen. Der Zielmarkt der lokal verstärkten Sandwichplatten liegt somit in einem Anwendungsbereich, dessen Anforderungen bereits definiert und festgelegt wurden. Folgende Endkundenmärkte sind für die Verwertung der Ergebnisse von Interesse:

- Automobilindustrie (PKW Interieur, LKW Ladeflächen)
- Luftfahrtindustrie (Interieur)
- Bauindustrie (Verschalungen, Leichtbau-Wandsegmente)
- Outdoor-Ausrüster (Wintersport, Wassersport)
- Möbelindustrie (Gerüste für Polstermöbel)

## Projektpartner

- PolymerPark materials GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages