



Die Propellerrevolution für Verbundwerkstoff Flugzeuge:

Hartzells fortschrittliche Propellerblatt-Technologie aus
Kohlefaserverbundwerkstoffen

Die Propellerrevolution für Verbundwerkstoff-Flugzeuge: Hartzells fortschrittliche Propellerblatt-Technologie aus Verbundwerkstoffen

Mit einer Geschichte, die bis zu den Gebrüdern Wright zurückreicht, steht Hartzell Propeller seit langem an der Spitze der Propellertechnologie für die Luftfahrt. Mit der zunehmenden Komplexität von Flugzeugen - und mit dem Aufkommen von Advanced Air Mobility (AAM) und Elektro-/Hybridflug - ist Hartzell weiterhin führend in der Branche mit bautechnisch innovativen Propellerblättern aus Verbundwerkstoffen, die modernste Werkstoffe und fortschrittliche Konstruktions- und Fertigungsverfahren nutzen.

Die Evolution von Hartzells Kompositblättern

Hartzell führte im Jahr 1944 Propellerblätter aus "Hartzite" ein, einem faserverstärkten Phenolverbundstoff. Diese Propeller wurden unter anderem im Republic Seabee und im North American Navion eingebaut.

1978 stellte Hartzell Propeller das erste typenzertifizierte Propellerblatt mit Primärstruktur aus Verbundwerkstoff her, ein echtes Monocoque-Design mit formgepresstem Kevlar®/ Epoxid über einem Schaumstoffkern. Hartzells frühe Verbundwerkstoff-Propellerblatt-Technologie, die erstmals für das Flugzeug CASA 212 zertifiziert wurde, stellte einen industriellen Durchbruch dar, der die Zukunft des Flugzeugantriebs prägen sollte.

Das CASA 212-Propellerblatt war das erste der Hartzell Legacy"-Verbundstoffblattfamilie. Es gibt sechzehn verschiedene einzigartige "Legacy"-Aerodynamikdesigns, die in 24 verschiedenen typenzertifizierten Anlagen eingesetzt werden, darunter Beech 1900C und D, Shorts SD3-60, Dornier Do328 und Pilatus PC-21. Die Legacy-Linie wird immer noch produziert, und es wurden über 20.000 Propellerblätter hergestellt. Viele der ursprünglichen CASA 212-Blätter sind mit über 50.000 TSN-Stunden noch immer im Einsatz. In den 1990er Jahren wurde die Legacy-Familie mit Carbon/Epoxid-Laminat erweitert. Durch die Zugabe von Kohlenstoff wurden die Möglichkeiten der Konstruktion erweitert, so dass Verbundwerkstoffblätter in anspruchsvolleren Anlagen eingesetzt werden können. Die Karbonkonstruktionen werden auch für große Luftkissenfahrzeuge hergestellt.



Frühe Hartzell-
Verbundwerkstoffpropeller

Verbundwerkstoff-Technologie der nächsten Generation: ASC-II

Als die ersten Propeller aus Verbundwerkstoffen nach und nach in der Luft- und Raumfahrt- sowie in der Verteidigungsindustrie eingesetzt wurden, zeigte sich, dass Verbesserungen erforderlich waren, um die hohen Kosten des Herstellungsprozesses zu senken. Das technische Team von Hartzell Propeller nahm die Herausforderung an und verfeinerte die Materialien und Fertigungstechniken, um kostengünstigere Verbundwerkstoffblätter herzustellen.

2006 führte Hartzell die zweite Generation von Propellerblättern aus Advanced Structural Composite (ASC-II) ein, bei denen Harz-Transfer-Molding-Verfahren und für die Luft- und Raumfahrt geeignete Kohlefaserverbundwerkstoffe zum Einsatz kommen.

Das ASC-II-Blatt besteht aus einer einzigartigen Monocoque-Struktur aus Kohlefaserlaminaten über einem Schaumstoffkern mit geringer Dichte und ist in einen mitgeformten Schaft aus rostfreiem Stahl integriert. Die Vorderkante außerhalb des Enteisungstiefels ist mit einem elektrogeformten Nickel-Erosionsschutz versehen, um Wasser- und Fremdkörperschäden (FOD) zu minimieren. Die Blätter müssen nicht nur hohen Ermüdungsbelastungen standhalten, sondern sind auch so konstruiert und getestet, dass sie direkten Blitzeinschlägen standhalten. Blitzschlagtests werden auch an enteisten Propellern durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Flugzeugsystem vor indirekten Blitzeinschlägen geschützt ist. Jede neue Propellerblattkonstruktion wird einem Aufpralltest unterzogen, um die Widerstandsfähigkeit gegen Vogelschlag zu testen.

Die innovative ASC-II-Technologie von Hartzell wurde mit der Cirrus SR-22T eingeführt und seitdem bei 35 verschiedenen Blatt-Teilenummern, 14 verschiedenen Propeller-Musterzulassungen und 30 verschiedenen Flugzeug-Typenzertifikaten verwendet. Bis heute wurden mehr als 45.000 ASC-II-Propellerblätter aus Verbundwerkstoffen unter Verwendung dieser fortschrittlichen Werkstoffe und firmeneigenen Fertigungsverfahren hergestellt (Tendenz steigend).



ASC-II-Komposit Propeller

Hartzells Verbundwerkstoff-Technologie

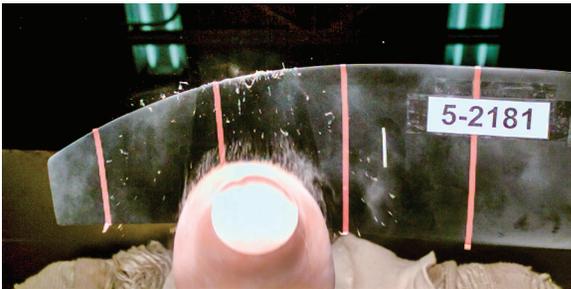


Hochspannungs-Blitzeinschlagprüfung

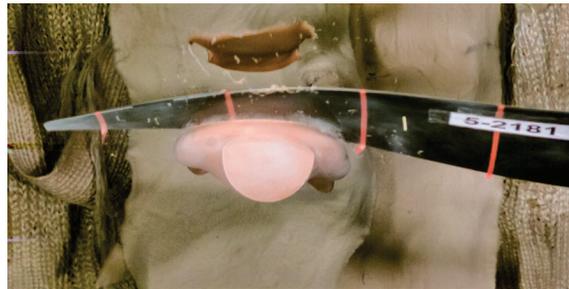


Hochstrom-Blitzeinschlagprüfung

20
QUALIFIKATIONEN FÜR
BLITZEINSCHLAGTESTS



Vogelschlagtest mit 4-lbs-Gewicht



Tatsächlicher Vogelschlag

Mehr als 200
VOGELSCHLAGTESTS

BLÄTTER MIT
MEHR ALS 50.000
FLUGSTUNDEN HEUTE NOCH IM EINSATZ

**EIN ENGAGIERTES TEAM FÜR DESIGN, HERSTELLUNG UND DIENSTLEISTUNGEN
IM BEREICH VERBUNDWERKSTOFFE**

Materialien sind wichtig: Luft- und Raumfahrt - Kohlefaserverbundwerkstoff vs. Holzkern

Nicht alle Propellerblätter aus Verbundwerkstoffen werden auf die gleiche Weise hergestellt. Im Gegensatz zu anderen Propellern auf dem Markt werden die Verbundwerkstoffblätter von Hartzell Propeller unter Verwendung moderner Luft- und Raumfahrtmaterialien konstruiert, wie z. B. strukturelle Kohlefasern über Urethanschaumkernen - und nicht mit dünnen Schichten aus Verbundwerkstoff über einem Holzkern.

Bessere Materialien für bessere Leistung

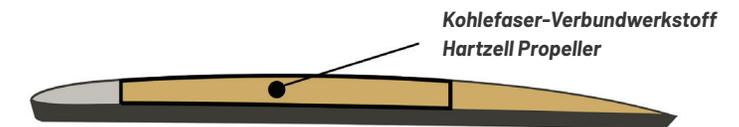
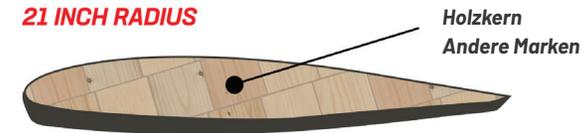
Durch die Verwendung von geflochtenen Kohlefasermaterialien kann Hartzell seinen Kunden optimierte Propeller anbieten und gleichzeitig die strengen Anforderungen an Festigkeit und Haltbarkeit erfüllen. Die von Hartzell gewählte Kohlefaser ist 10-mal stärker als Fichtenholz und 5-mal stärker als die Buchenholzkerne, die von anderen Herstellern für ihre Holzkerne gewählt werden. Dieser Festigkeitsvorteil ermöglicht es den Konstrukteuren von Hartzell, stärkere und effizientere Propeller zu bauen als andere Propellerhersteller.

Aerodynamisches Design

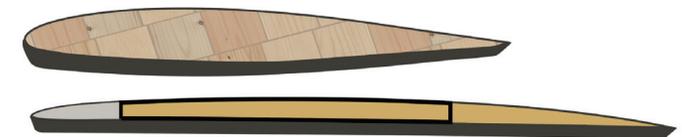
Kohlefaserblätter sind wesentlich dünner als Leimholz-Blätter und erzeugen daher weniger Luftwiderstand. Hartzells hochentwickelte Verbundwerkstoffe ermöglichen breitere, dünnere Profile, die dennoch die für einen optimalen Flugbetrieb erforderliche strukturelle Last tragen können, und ermöglichen außerdem beliebte Designs wie das "Swept-Tip Scimitar"-Propellerblatt.

Auf diese Weise können die aerodynamischen Verbundwerkstoffblätter von Hartzell mehr Schub erzeugen und bessere Beschleunigungs- und Steigleistungen erbringen.

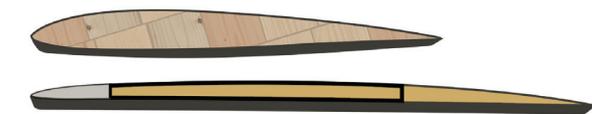
21 INCH RADIUS



24 INCH RADIUS



35 INCH RADIUS



Gewichtseinsparung

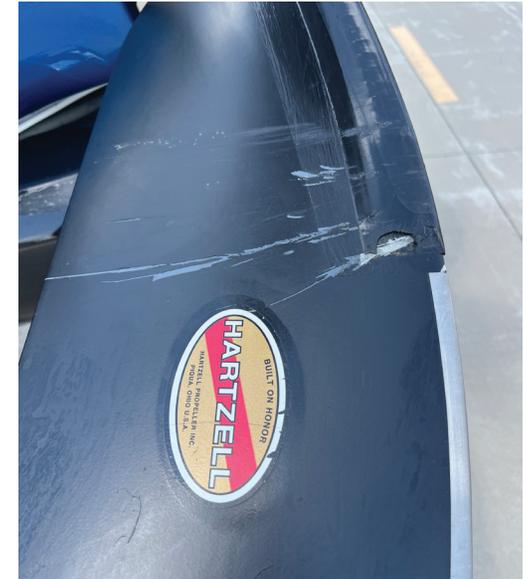
Im Vergleich zu Aluminiumpropellern bieten Hartzells Verbundwerkstoffpropeller eine überlegene Festigkeit, Schadensresistenz und eine erhebliche Gewichtsreduzierung. Aufgrund des geringeren Gewichts und des damit verbundenen geringeren Trägheitsmoments können Propeller mit Verbundwerkstoffblättern auch eine höhere Blattzahl aufweisen, was die Leistung über alle Flugbereiche hinweg verbessern kann, insbesondere bei Flugzeugen mit höherer Motorleistung.

Haltbarkeit

Hartzells Propellerblätter aus Verbundwerkstoff sind so konstruiert, dass sie stabil und stoßfest sind und sich daher ideal für den Einsatz außerhalb des Flughafens und im Gelände eignen. Insbesondere das Keilrückhaltesystem und die Schäfte aus rostfreiem Stahl sind wesentlich haltbarer als die alternative Konstruktion aus Aluminium und Zugbolzen

Feuchtigkeitsabsorption

Propeller mit Holzkern sind sehr anfällig für Feuchtigkeitsaufnahme, was zu Ungleichgewicht und einer erheblichen Verringerung der Festigkeit des Holzes führen kann. Aus diesem Grund müssen einige Holzkernblätter an die Werkstatt zurückgeschickt werden, wenn die Schutzabdeckung abgenutzt oder so stark beschädigt ist, dass das Holz freiliegt.



Reparierbarer Schaden durch Vogelschlag



Irreparabler Festzurr Schaden des Wettbewerbers

Reparaturfreundlichkeit

Der Wartungsvorteil, den die Hartzell-Propellerblätter aus Verbundwerkstoff bieten, trägt zur Wertsteigerung bei. Sehr oft erfüllen kleinere Schrammen, Kratzer und Dellen an Hartzell-Verbundstoffblättern die Kriterien für Flugtauglichkeitsschäden. Dadurch kann der Flug fortgesetzt werden, bis kleinere Reparaturen von einem A&P oder einem Mechaniker in einer Teil-145-Werkstatt unter Verwendung der bei Hartzell erhältlichen Werkzeuge und Sets direkt am Flugzeug durchgeführt werden können.

Bei größeren Reparaturen oder bei Reparaturen, die nur im Werk durchgeführt werden können, können die Hartzell-Verbundwerkstoffblätter in einen fabrikneuen Zustand versetzt werden, was die Nutzungsdauer gegenüber Metall- oder Holzkernblättern erheblich verlängert. Die Hartzell-Blätter aus Verbundwerkstoff sind für eine unbegrenzte Lebensdauer zertifiziert und können vor Ort oder in mehr als 30 Überholungswerkstätten weltweit repariert werden, darunter auch das hochmoderne Hartzell Service Center.



*Beispiele für Flugtauglichkeitsschäden
an Verbundwerkstoffblättern*

Den Wechsel vollziehen: Ein genauerer Blick auf die Umrüstung auf Propeller aus Verbundwerkstoffen

Kohlefaserpropeller sind heute das am schnellsten wachsende Segment der Propellertechnologie, denn sie bieten Vorteile in Bezug auf Gewichtseinsparungen, Leistungsvorteile sowie überlegene Festigkeit und Haltbarkeit.

Infolgedessen wählen viele Flugzeughersteller heute Verbundwerkstoffpropeller als Standardausrüstung für ihre Flugzeuge, und Tausende von Flugzeugbesitzern und -betreibern haben sich für eine Umrüstung von Aluminiumpropellern auf die neuesten Verbundwerkstoffblätter durch Hartzells Top Prop STC Propeller Conversion Program entschieden. Darüber hinaus arbeiten mehrere Unternehmen, die Motorumbauten oder -modifikationen anbieten, mit Hartzell zusammen, um einen Top Prop-Propeller mit ihrem STC für Motormodifikationen genehmigen zu lassen.

Der Weg zur Zertifizierung von Propellern aus Verbundwerkstoffen für Flugzeuge

Hartzells Qualitätsmanagementsystem ist FAA-zugelassen und AS9100C-zertifiziert, um die höchsten Qualitäts- und Sicherheitsstandards während des gesamten Entwicklungs-, Konstruktions-, Herstellungs- und Prüfprozesses zu gewährleisten.

Hartzell-Propeller für musterzugelassene Flugzeuge erfüllen die strengen Sicherheits-, Leistungs- und Flugtauglichkeitsstandards, die von den Aufsichtsbehörden festgelegt wurden. Alle zertifizierten Propeller entsprechen nachweislich dem Code of Federal Regulations Title 14, Part 35, "Airworthiness Standards: Propellers". Spätere ausländische Zertifizierungen werden von der Zivilluftfahrtbehörde des jeweiligen Landes validiert.

Propeller für Versuchsanlagen

Hartzell wendet bei Propellern für den Experimentalmarkt die gleichen hohen Qualitäts- und Festigkeitsstandards an wie bei Propellern für den zertifizierten Markt.



Einblick in Hartzells Flugtestverfahren

Mit einem engagierten Team von Zertifizierungsexperten und einer Organization Designation Authorization (ODA) der FAA hat Hartzell den sorgfältigen Zertifizierungsprozess erfolgreich durchlaufen und Hunderte von flugtauglichen zertifizierten Propellern hergestellt.

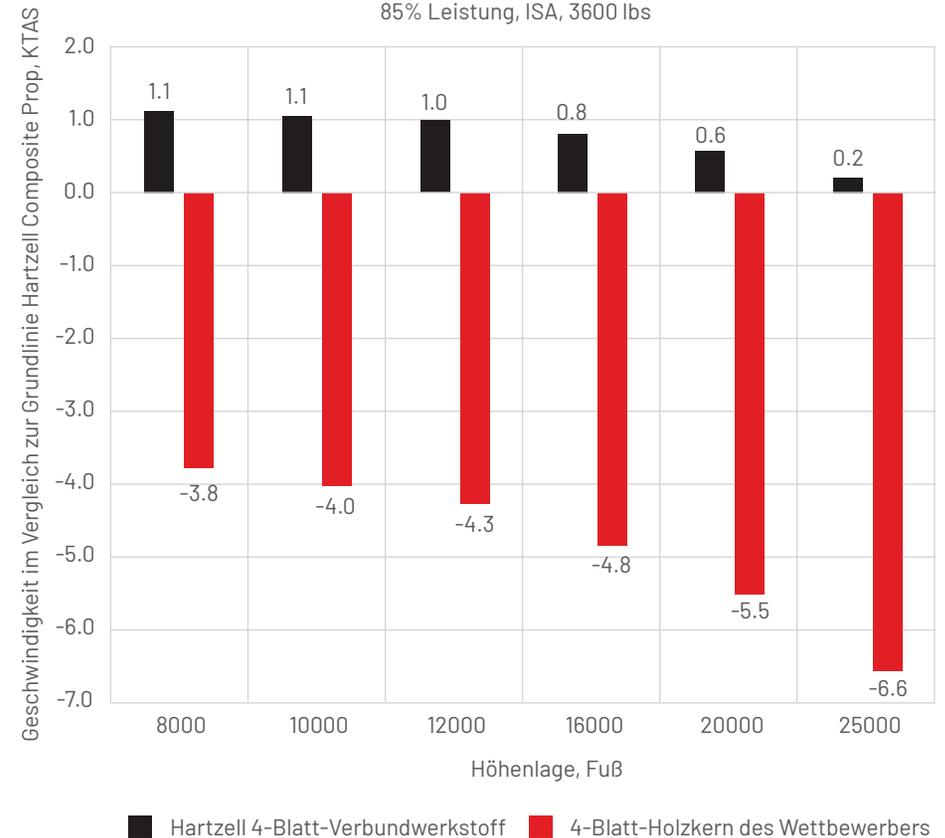
Zum Beispiel hat Hartzell für ein kürzlich erteiltes STC für 4-Blatt-Verbundwerkstoffe drei verschiedene Cirrus SR22T-Flugzeuge insgesamt fast 100 Flugstunden lang getestet. In dem akribischen Testverfahren wurden vier verschiedene Propellermodelle verglichen, darunter der serienmäßige 3-Blatt-Hartzell-Verbundwerkstoffpropeller, ein neuer Prototyp mit 3-Blatt-Design, das neue 4-Blatt-Verbundwerkstoffdesign und das 4-Blatt-Holzkern-STC eines Wettbewerbers.

Der neue 4-Blatt-Propeller übertraf die anderen Propeller in mehreren Schlüsselbereichen des Fluges, einschließlich einer um 5 % besseren Steigleistung, einer Geräuschreduzierung von 2 dB(A) und, was am wichtigsten ist, einer um 4 kts schnelleren Reisegeschwindigkeit im Vergleich zu anderen 4-Blatt-Propellern, wie in der nebenstehenden Tabelle angegeben.

Durch Flugtests unter realen Bedingungen stellt Hartzell sicher, dass seine Verbundwerkstoff-Propeller in jedem Szenario und jeder Flugphase für Sicherheit, Zuverlässigkeit und Effizienz optimiert sind.

Cirrus SR22T Reiseflugleistung

85% Leistung, ISA, 3600 lbs



Die Zukunft des Fliegens vorantreiben: Propellerlösungen aus Verbundwerkstoffen für moderne Luftmobilität

Hartzell Propeller hat jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Schaufeln aus Verbundwerkstoffen und ist nach wie vor bestrebt, seine Prozesse zu erneuern und zu optimieren, indem es hochentwickelte technische Analysen und Flugtests einsetzt, um bessere Propellerblätter für Flugzeuge der nächsten Generation zu entwickeln.

Seit 2019 hat Hartzell Zehntausende von Ingenieurs- und Entwicklungsstunden in die Entwicklung von elektrischen, hybriden und wasserstoffbetriebenen Flugzeugen gesteckt, wobei mehrere prominente Programme laufen. Propeller aus Verbundwerkstoffen haben sich bereits als entscheidend für Elektro-/Hybridflugzeuge wie die vollelektrische Alice von Eviation und den eBeaver von Harbor Air erwiesen, die eine leichte Antriebslösung benötigen, um das zusätzliche Gewicht der Batterien auszugleichen.

Die innovative Mischung aus hochentwickelter technischer Analytik, Zertifizierungsfähigkeiten und erstklassigen Fertigungstechnologien macht Hartzell Propeller weiterhin zum weltweiten Marktführer in der Propellerentwicklung und -herstellung - und zu einem idealen Partner für AAM-Programme, die maßgeschneiderte Antriebslösungen suchen.



eBeaver von Harbor Air



Eviation's Alice



Mehr Informationen anfordern

Wenn Sie mehr über die neueste Verbundwerkstoff-Propellertechnologie von Hartzell Propeller und STC-Anwendungen erfahren möchten, [kontaktieren Sie uns](#) und wir werden Sie mit unseren Propeller-Experten in Verbindung setzen.

Für Anfragen zu Hartzells Advanced Composite Carbon Fiber Propeller Systems senden Sie bitte eine E-Mail an Mitch Heaton unter mheaton@hartzellprop.com.

