

Fertigung von Composite HLFC Leading Edges

Markus Kleineberg

DLR-FA Wissenschaftstag

07.10.2015

Knowledge for Tomorrow



Inhalt

- **Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen**
- **Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE**
- **Optionen für die LE Integration**
- **Umsetzung laminartauglicher Oberflächen**
- **Ausblick**



Inhalt

- **Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen**
- Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE
- Optionen für die LE Integration
- Umsetzung laminartauglicher Oberflächen
- **Ausblick**





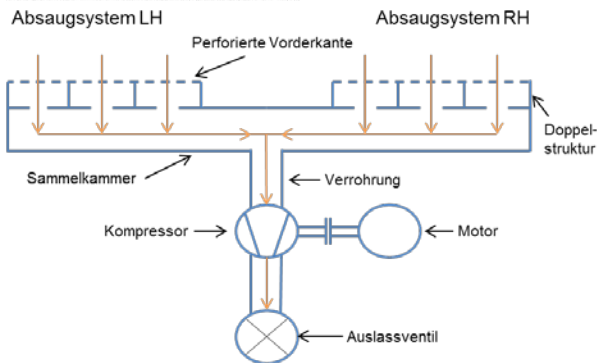
Die Leading Edge (LE)

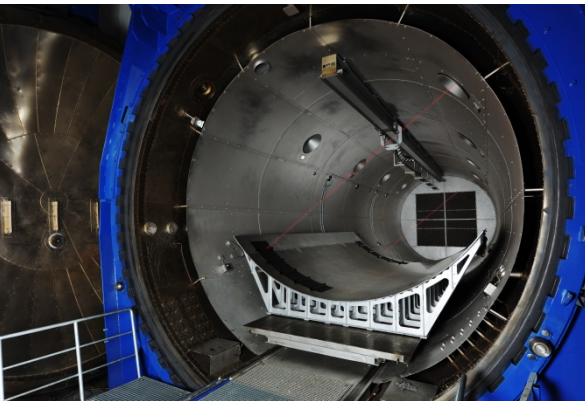
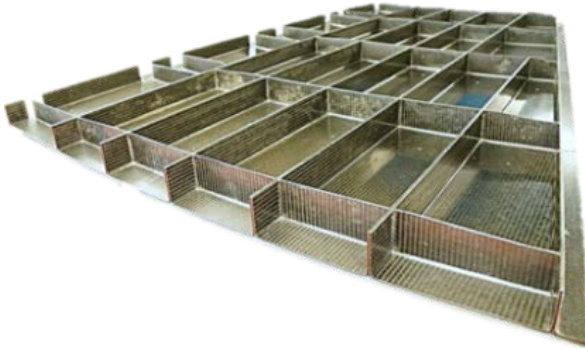
- Die Leading Edge ist maßgeblich für die Aerodynamik und damit für die Leistungsfähigkeit des Fluggerätes verantwortlich.
- Für die detaillierte konstruktive Ausführung der LE sind in Abhängigkeit von der Anwendung weitere Randbedingungen zu beachten:
 - Fertigungsaufwand
 - Montageaufwand
 - Wartungsaufwand
 - Systemintegration
 - Lufttüchtigkeit
 - Radarrückstrahlung
 - Laminarität
 - ...



Hybrid Laminar Flow Control (HLFC)

- Durch eine aktive Grenzschichtabsaugung an Trag- und Leitwerksflächen kann eine **laminare Umströmung** und in Folge dessen eine **signifikante Senkung des Treibstoffverbrauchs** erreicht werden.
- Diese Verbrauchsverringerung resultiert in einer **Verringerung der Betriebskosten** und ermöglicht das Einhalten immer strenger werdender **Emissionsvorschriften**.
- Die besondere Herausforderung liegt in der **effizienten technischen Umsetzung der Struktur** und der **luftfahrtgerechten Integration der notwendigen Systeme**.





Composite Strukturen

- Bei Composite Strukturen werden unterschiedliche Materialien (z.B. Harz, Fasern) in einem generativen Prozess zu einem neuen Material und einer daraus aufgebauten Struktur kombiniert.
- Durch die Wahl der Fertigungsrandbedingungen können quasi beliebig große, komplex geformte und integral versteifte Strukturen mit sehr hoher Oberflächengüte hergestellt werden.
- Die vergleichsweise hohen Materialpreise und das zum Teil hohe Fertigungsrisiko in Verbindung mit den erforderlichen Investitionen für die Abformung sind dominierende Fragestellungen.

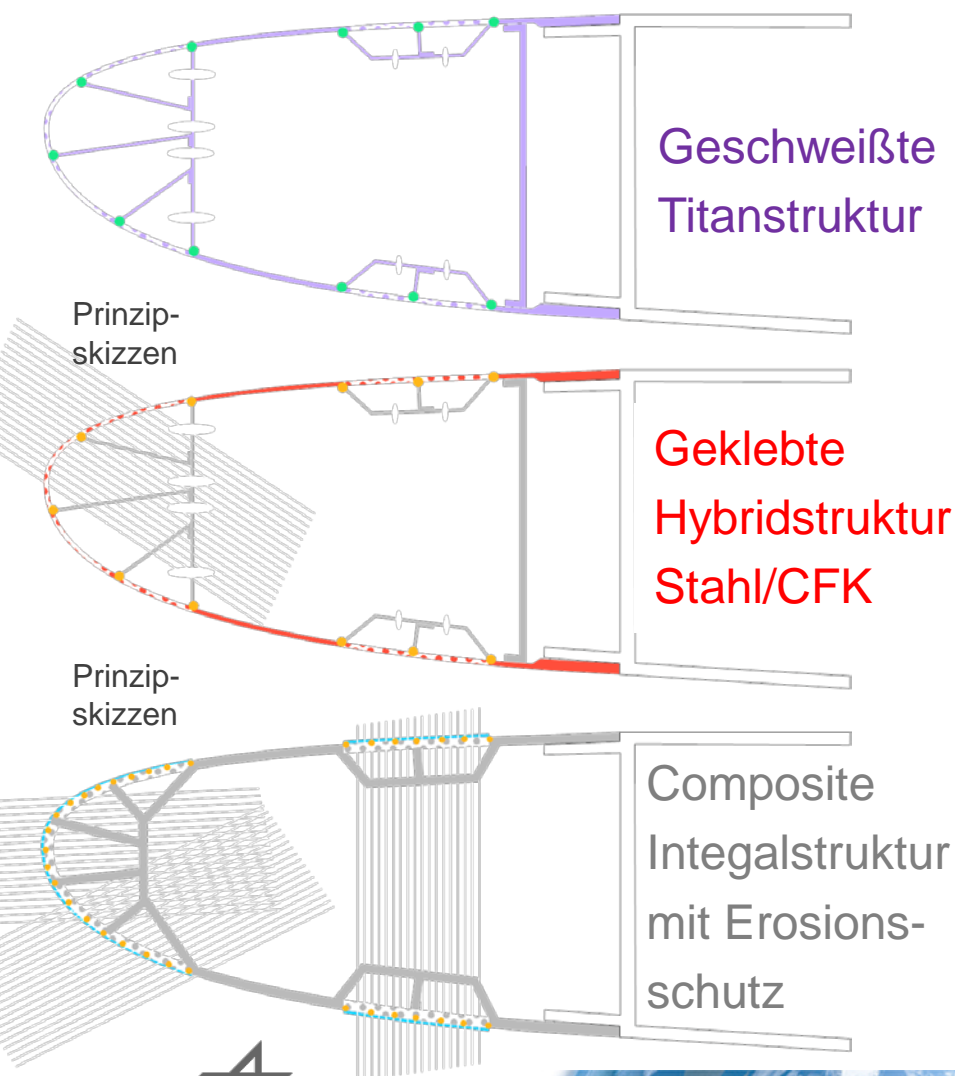


Inhalt

- Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen
- **Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE**
- Optionen für die LE Integration
- Umsetzung laminartauglicher Oberflächen
- **Ausblick**



Konstruktive Ansätze für HLFC Leading Edges



Im Rahmen von Forschungsaktivitäten wurden insbesondere die links dargestellten Prinzipien untersucht und auf unterschiedlichem technologischem Reifegrad demonstriert bzw. erprobt.

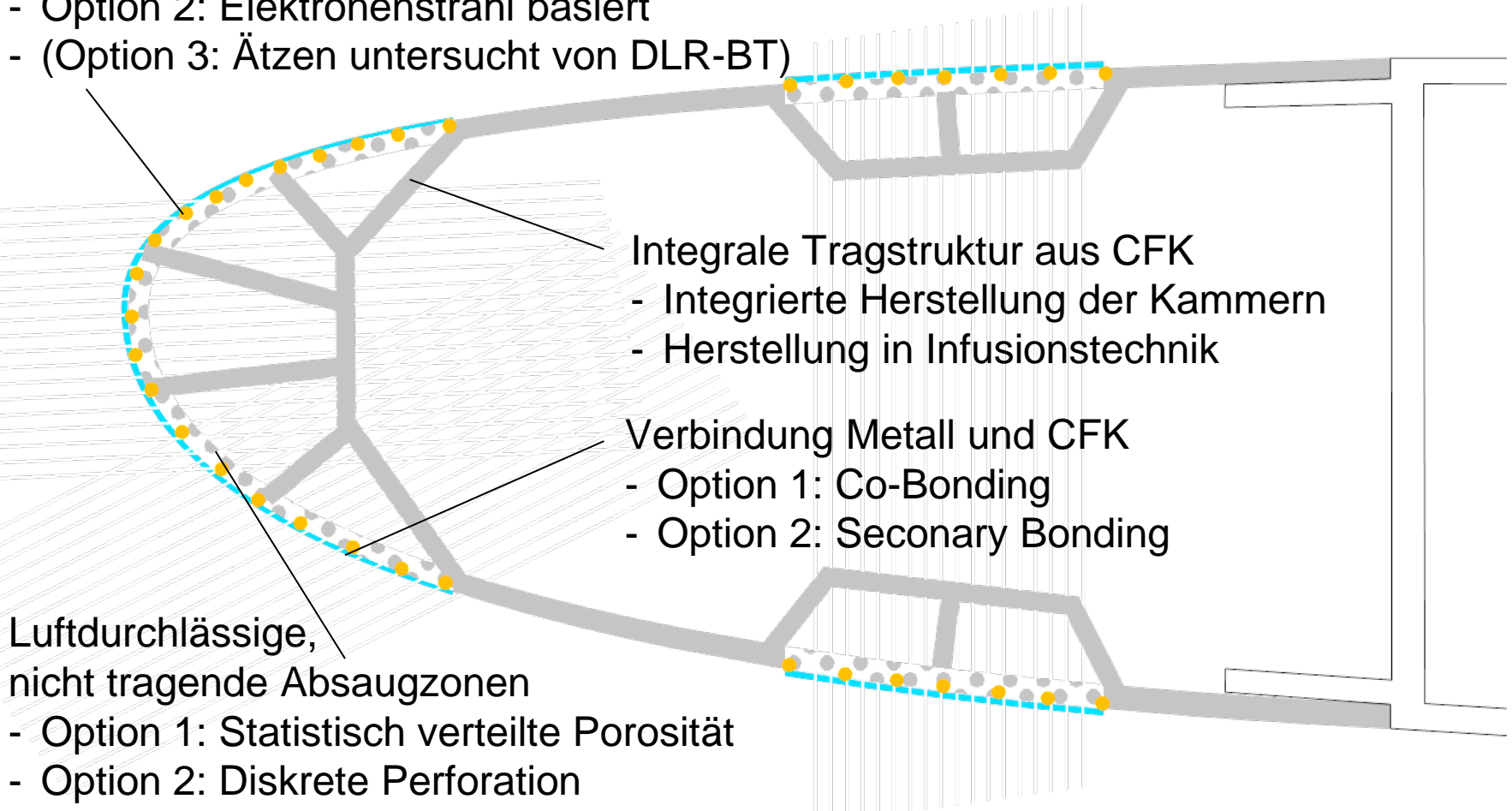
- Die geschweißte Titanstruktur kann als erfolgreich erprobt angesehen werden, birgt aber Risiken bei der industriellen Umsetzung.
- Die Stahl-CFK-Hybridstruktur wurde ebenfalls erfolgreich getestet, setzt aber auf eine zulassungstechnisch schwierige strukturelle Verklebung.
- Die Composite Struktur wurde auf niedrigerem TRL prinzipiell untersucht.



AFLONEXT Ansatz für eine Composite HLFC LE

Erosionsschutz auf Basis einer dünnen, luftdurchlässigen Metallfolie

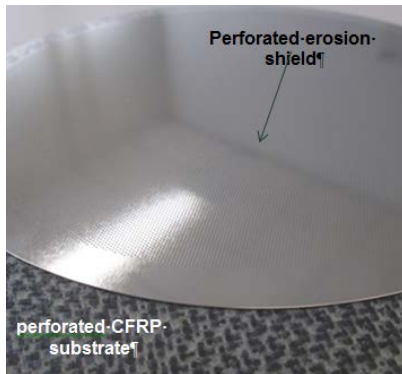
- Option 1: GKN Technologie
- Option 2: Elektronenstrahl basiert
- (Option 3: Ätzen untersucht von DLR-BT)



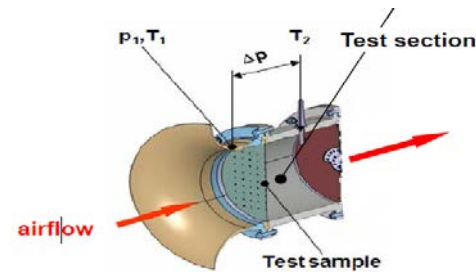
AFLONEXT Ergebnisse → Erosionsschutz

Erosionsschutz auf Basis einer dünnen, Luftdurchlässigen Metallfolie

- Option 1: GKN Technologie:



GKN Entwicklung zur Herstellung von dünnen Blechen mit feinen **Präzisionsbohrungen** und **Verteilerkanälen** mit hoher Luftdurchlässigkeit



- Option 2: Elektronenstrahl basiert: Kostengünstiges Großserienverfahren aus dem Bereich der Lebensmittelindustrie mit Defiziten bei der Qualität der Löcher



AFLONEXT/LAWOP Ergebnisse → Verbindung

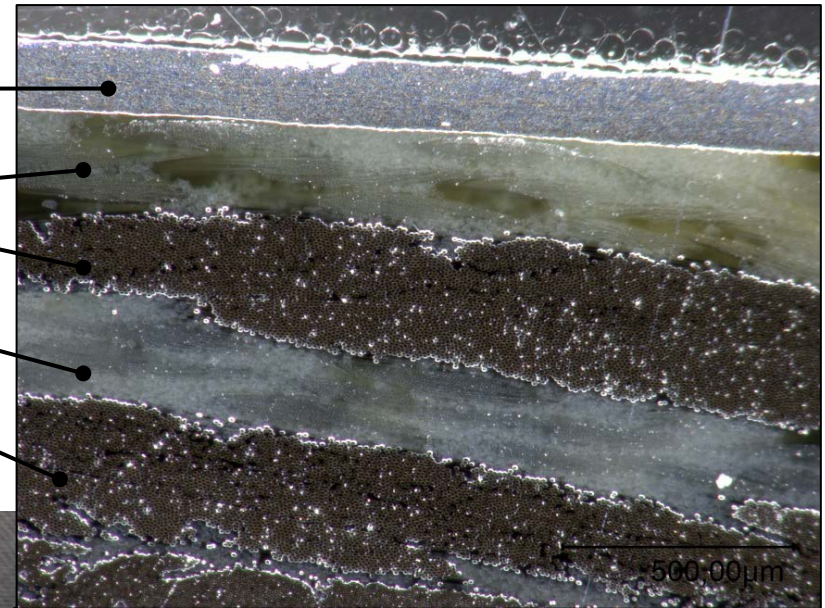
Verbindung Metall und CFK

Metall als Erosionsschutz

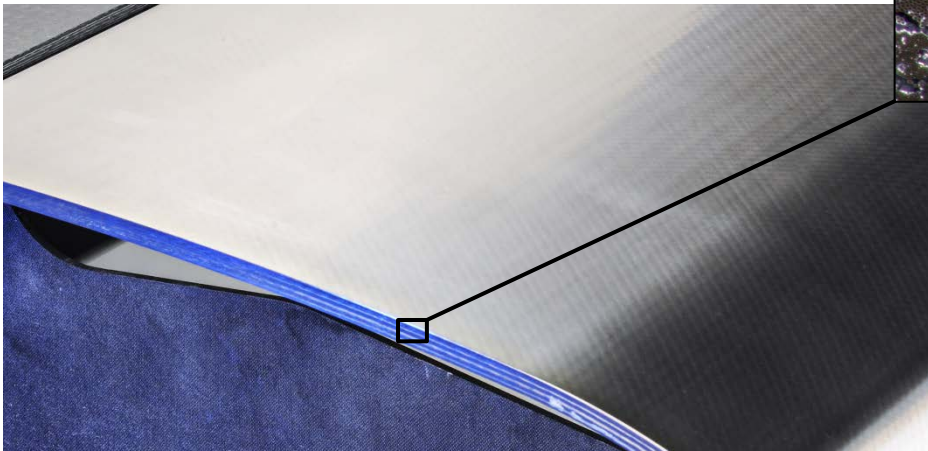
CFK als Heizelement

GFK zur Isolation

Tragende CFK Struktur



LAWOP → Co-Bonding



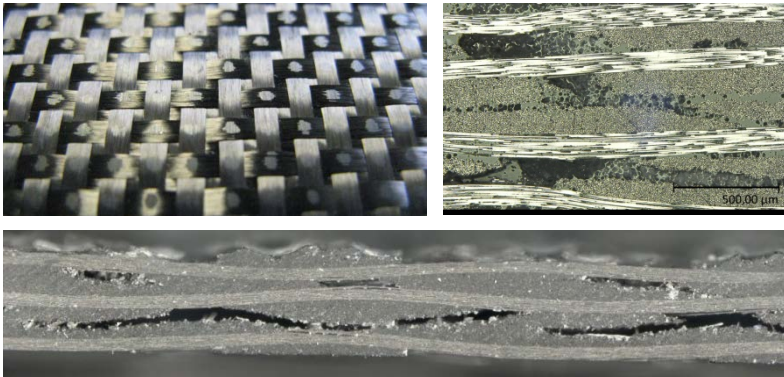
AFLONEXT → Secondary Bonding



AFLONEXT Ergebnisse → Absaugzone

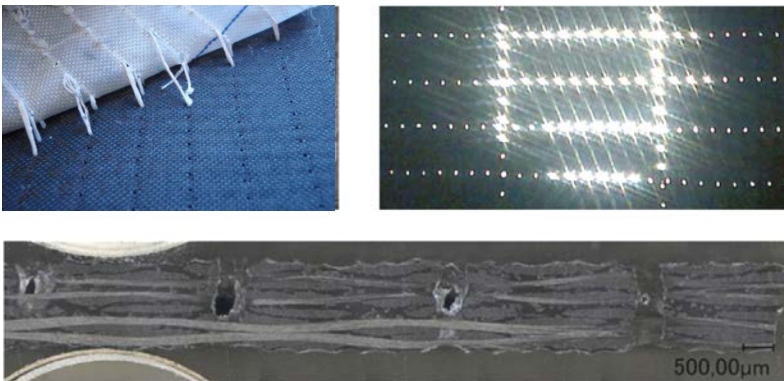
Luftdurchlässige, nicht tragende Absaugzonen

- Option 1: Statistisch verteilte Porosität :

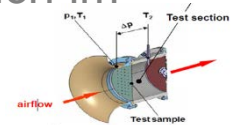


Durch Treibmittel oder gezielte Expansion der Faserarchitektur während des Fertigungsprozesses lassen sich sehr einfach luftdurchlässige Laminat herstellen. Die Reproduzierbarkeit ist dabei problematisch.

- Option 2: Diskrete Perforation:



Über einen nachträglich entfernten Nähfaden kann eine gezielte Perforation in das Laminat eingebracht werden. Das Prinzip wurde mit aufgeklebtem Erosionsschutz erfolgreich im Durchflusstest validiert.



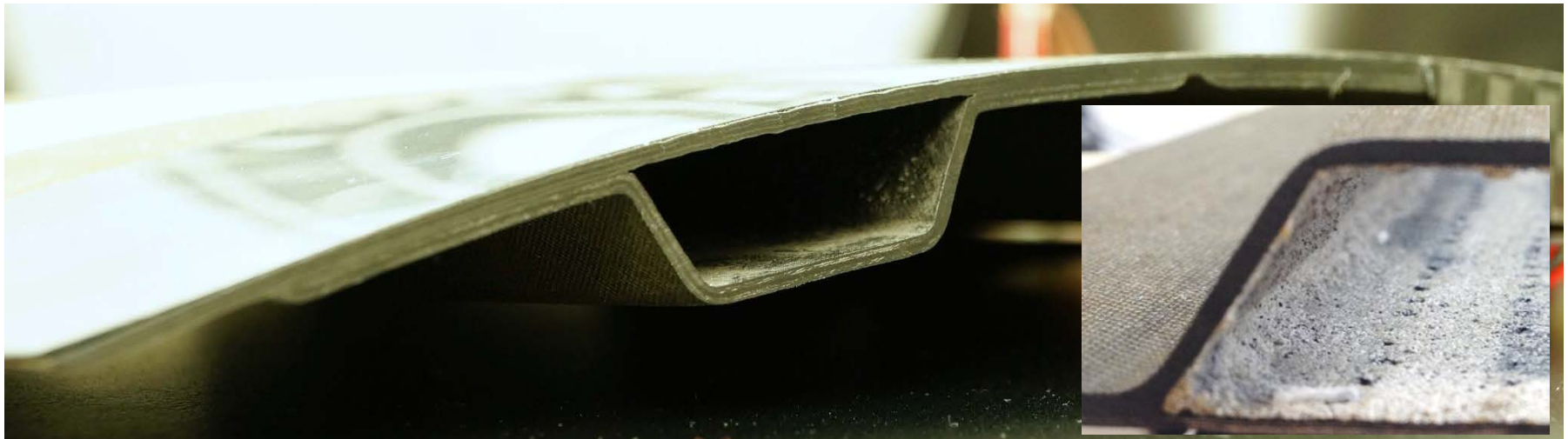
AFLONEXT Ergebnisse → Integrierte Tragstruktur

Integrale Tragstruktur aus CFK

Die integrale Herstellung von gekrümmten Schalenstrukturen mit integrierten Omega-Stringern, die als Unterdruckkammer nutzbar sind, wurde in Fertigungsversuchen nachgewiesen.

Im Absaugbereich der Außenschale wurde eine diskrete Perforation eingebracht.

Die luftdurchlässige Erosionsschutzschicht wurde nachträglich aufgeklebt.

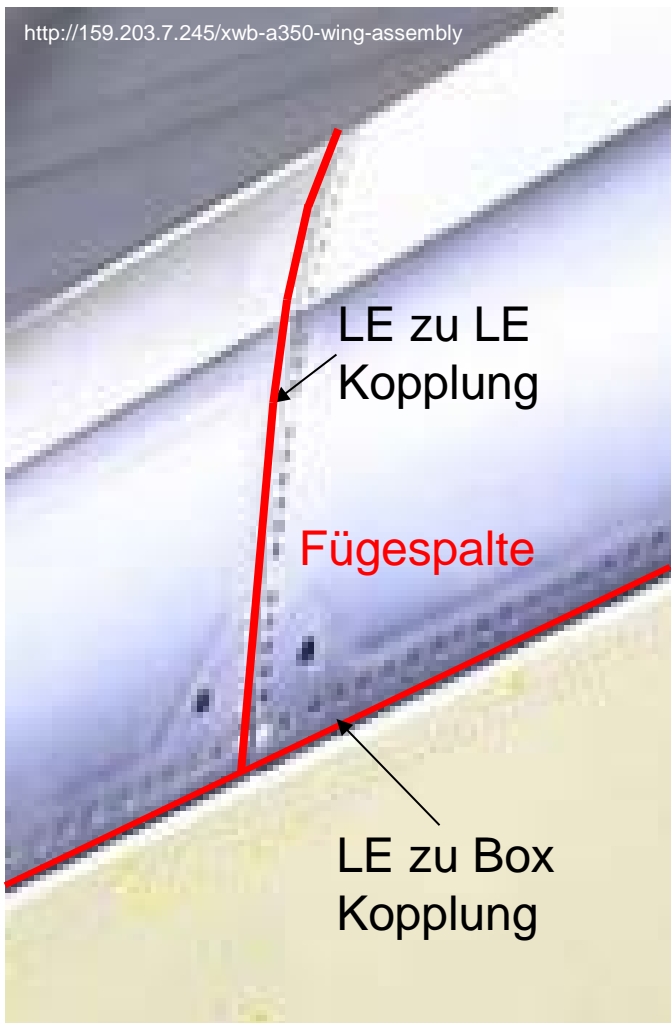


Inhalt

- Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen
- Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE
- **Optionen für die LE Integration**
- Umsetzung laminartauglicher Oberflächen
- **Ausblick**



Leading Edge Integration allgemein



Wesentliches Kennzeichen:

Die LE insbesondere an horizontalen Trag- und Steuerflächen muss im Bedarfsfall ausgetauscht werden.

Die LE zu LE Kopplung und die LE zu Box Kopplung werden typischerweise mit lösbaren Verbindungen ausgeführt, bei denen sowohl die Senkung als auch der Bolzenkopf laminarkritische Oberflächenstörungen bilden.

Die sich an den Fugestellen ergebenden Spalte erfüllen zumeist ebenfalls nicht die hohen Anforderungen einer für laminaren Strömung geeigneten Oberfläche.



LAWOP Ansatz → LE-Box-Integration



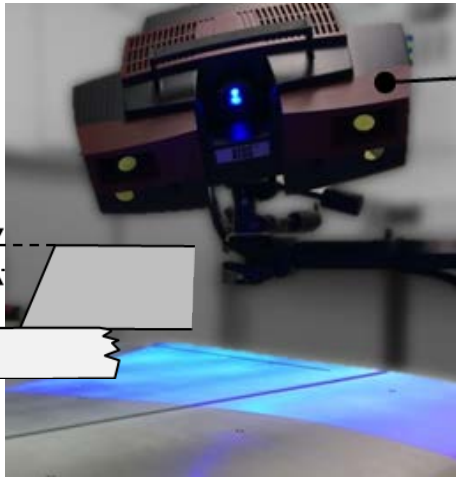
Unter Nutzung der Zugänglichkeit des LE-Box Anschlusses bei ausgefahrener Krügerklappe wurde die Verbindung nach innen verlegt.

Über eine besondere Gestaltung des Formwerkzeugs wurde eine hochgenaue Laminatdicke im Fügebereich eingestellt.

Das Thermalmanagement des Formwerkzeuges und die gemeinsame Prozessierung der unterschiedlichen Materialien stellten eine besondere Herausforderung da.

Die verbleibende Lücke zwischen Box und LE wurde im Rahmen des Projektes mit einer Füllmasse aufgefüllt (AGI Anteil).

LE Kopplungen wurden nicht untersucht.



Inhalt

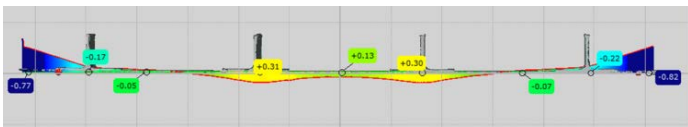
- Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen
- Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE
- Optionen für die LE Integration
- **Umsetzung laminartauglicher Oberflächen**
- **Ausblick**



Oberflächengüte für laminarkompatible Profile



<http://159.203.7.245/xwb-a350-wing-assembly>



Neben der Höhe und Art der Stufen an Verbindungsstellen sind Oberflächenstörungen durch Nietköpfe, Senkungen und insbesondere durch Wellenstrukturen kritisch für die Laminarhaltung.

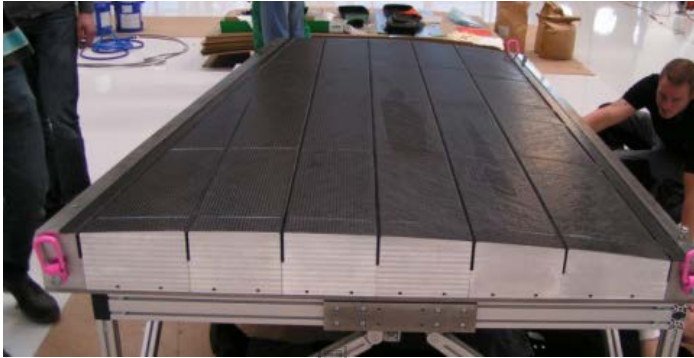
Semi-Monocoque-Schalenstrukturen im Flugzeugbau bestehen aus dünnen Häuten mit zumeist aufgenieteten Längs- und Querversteifungen.

Die Störungen auf der Außenseite der Haut durch Absätze und Dellen bzw. Wellen sind für laminarkritische Profile nicht akzeptabel.

Bei Composite Schalen mit integral hergestellten Längsversteifungen entstehen prozessinduzierte Wellen in der Haut.

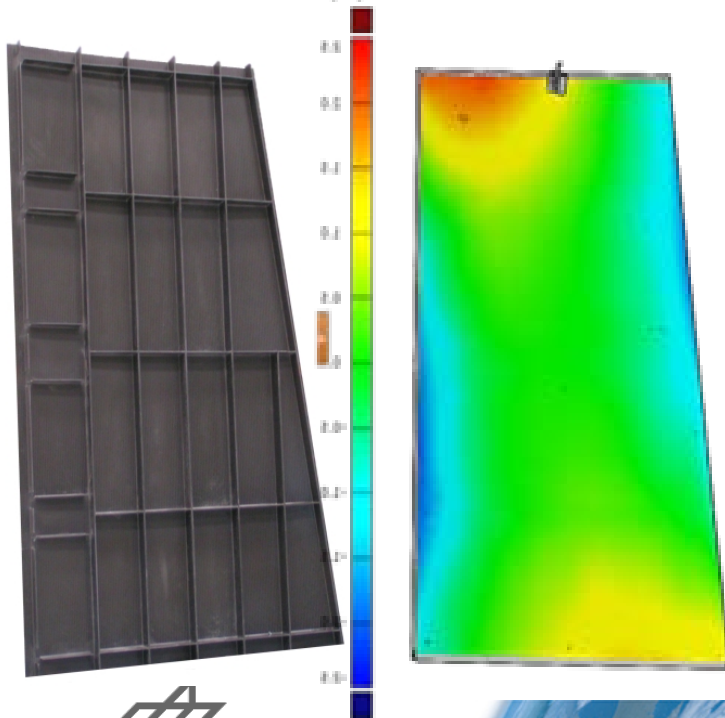


LAWOP Ergebnisse → Oberflächengüte



Die in den LUFOIV Projekten LAWIPRO und LAWOP erarbeitete Lösung basiert auf der Herstellung einer vollintegralen Flügelschale mit Längs- und Querversteifungen.

Anstatt deutlicher Wellen in Flügeltiefenrichtung konnte bei der vollintegralen Flügelschale nur eine leichte sattelförmige Globalverformung detektiert werden, die mit geringen Kräften zu kompensieren ist.



Das vom Modulkernsystem abgeleitete Fertigungskonzept konnte darüber hinaus durch extrem hohe Anschlussgenauigkeiten an den Rippenfüßen überzeugen.



Inhalt

- Leading Edge/HLFC/Composite Strukturen
- Fertigungsansatz für eine Composite HLFC LE
- Optionen für die LE Integration
- Umsetzung laminartauglicher Oberflächen
- **Ausblick**



Ausblick

Im Rahmen CS2 (Large Passenger Aircraft, Plattform 1) untersucht das DLR in Abstimmung mit Airbus und Aernnova die Möglichkeit einer HLFC LE für das Höhenleitwerk.

- Integrierte Optimierung von **Aerodynamik**, **Systemintegration** und **Struktur**
- Detaillierte Analyse des **Aufwandes** und des **Nutzens**
- Geplante Validierung im **Flugversuch** + „**Benefit**“ optimierten Variante



http://s24.photobucket.com/user/tomauer/media/media_object_image_lowres_A350-900_.jpg.html

