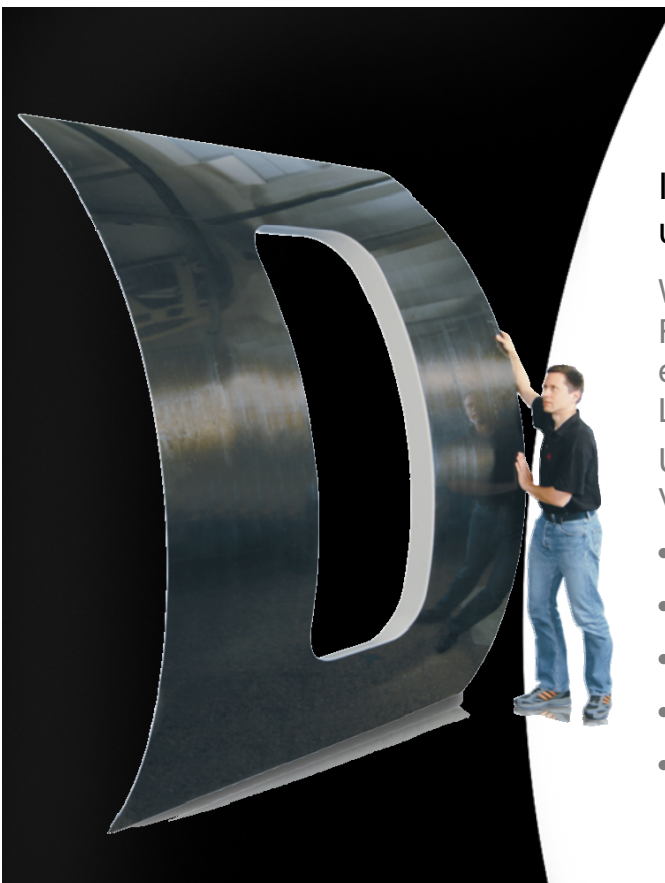




CFK Rumpfbauweisen

Institut für Faserverbundleichtbau
und Adaptronik

Prof. Dr.-Ing. M. Wiedemann / Dr. Chr. Hühne / Dr. A. Fink /
Dr. B. Kolesnikov / T. Ströhlein / Dr. M. Kleineberg



Unser Profil

Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

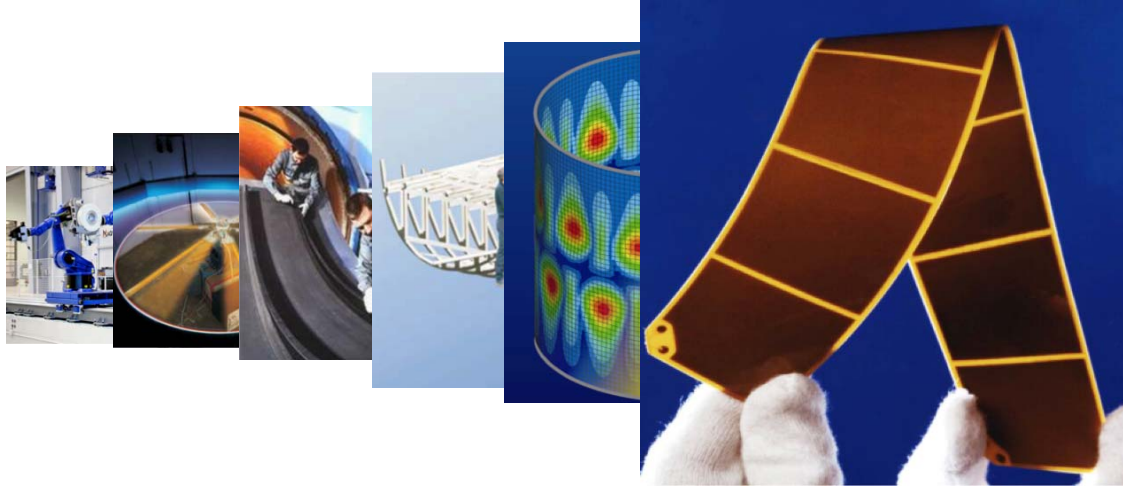
Wir sind die Experten für Entwurf und Realisierung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbausysteme.

Unsere Forschung dient der Verbesserung von

- **Sicherheit**
- **Kosteneffizienz**
- **Funktionalität**
- **Komfort**
- **Umweltverträglichkeit**



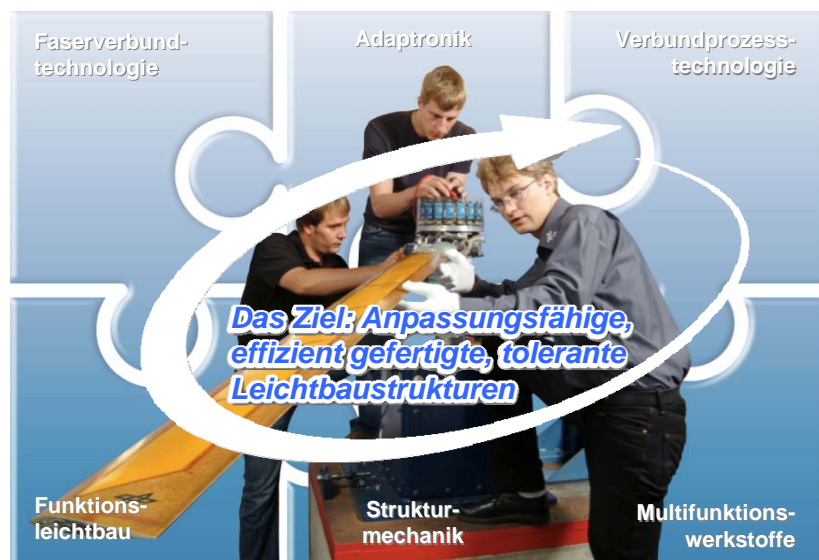
Unsere Fachkompetenzen im Institut für Faserverbundeleichtbau und Adaptronik



Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

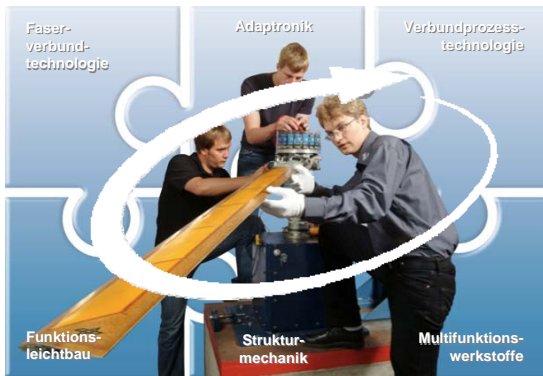
Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.



Unsere Forschungsgebiete

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Materialsystemen und Strukturen im Leichtbau zielen auf **Sicherheit • Kosteneffizienz • Funktionalität • Komfort • Umweltverträglichkeit**

Zukunftsforschung
Grundlagenorientierte Forschung



Anwendungsforschung
Produktorientierte Forschung



Hochleistungsleichtbau

Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.



Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.

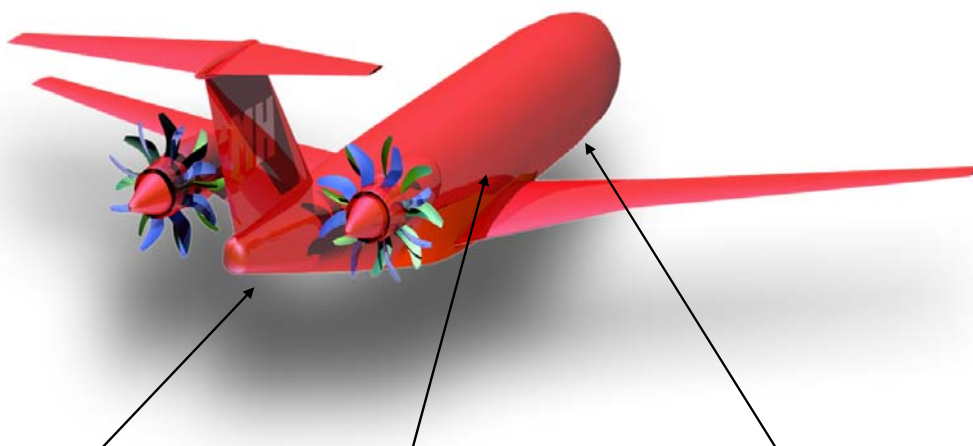
Funktionsleichtbau

Neues aus der Forschung für

CFK Rumpfbauweisen



CFK-Rumpfbauweisen



Rumpfbauweisen

Versteifungselemente
in Längsrichtung

Türumgebungsstrukturen

Türumgebungsstrukturen

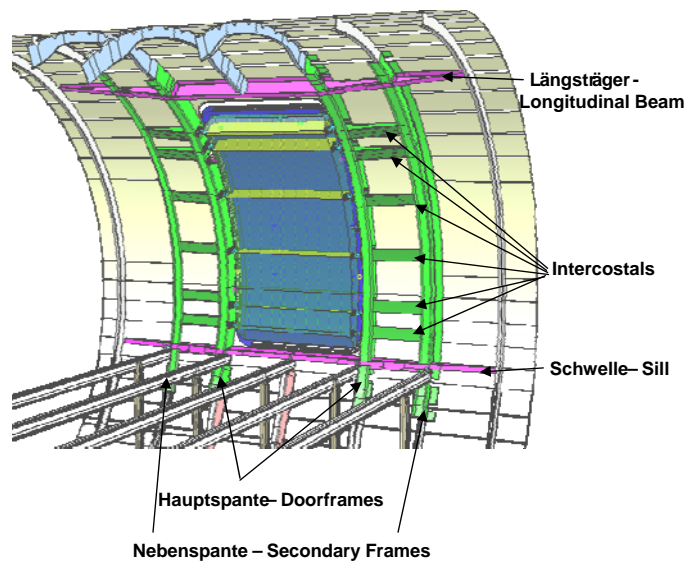
➤ Hochbelastete Struktur

- Stabilisierung Ausschnitt
- Aufnahme Türlasten
- Crashesicherheit

➤ ca. 1/3 der Rumpfkosten entfallen auf Ausschnitte

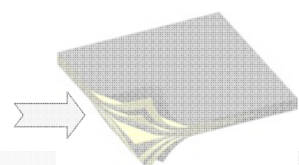
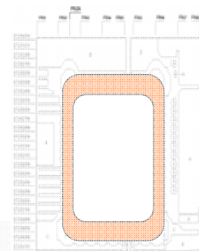
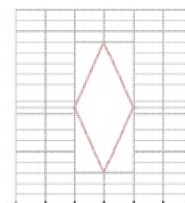
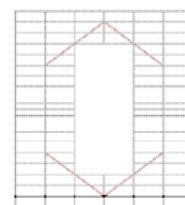
➤ Ziele

- CFK-gerechtes Design
- Kostengünstige Fertigung
- Geringer Montageaufwand
- Einfache Wartung



Vorstellung der untersuchten Konzepte

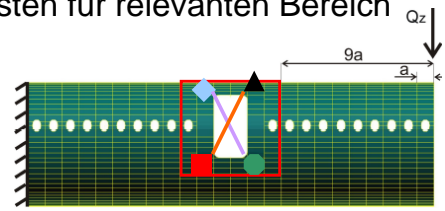
- Konzept 1: Lokales Fachwerk
- Schubweiches Stringer-Spant Gerüst wird über Diagonalstreben verstärkt, mit dem Ziel die Schubbelastung der Haut zu reduzieren.
- Konzept 2: Tür-Türrahmenkopplung
- Tür wird über Diagonalstreben direkt mit dem Rahmen gekoppelt, damit die Querkräfte nicht um den Rahmen herum, sondern auf kürzesten Weg übertragen werden.
- Konzept 3: Metallaminat
- Einzelne der ungerichtet am höchsten belasteten Schichten in der Haut werden durch isotropes Material mit auf die Dicke bezogen hoher spezifischer Festigkeit ersetzt.



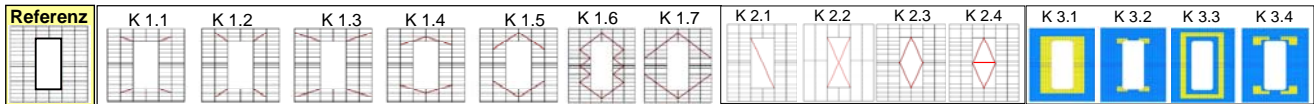
Vorgehen zum Bewerten der Konzepte

1. Geometriedefinition & ermitteln realistischer Schnittlasten für relevanten Bereich

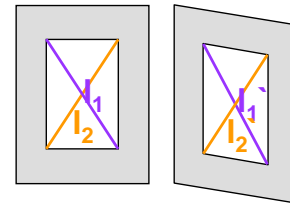
Referenzgeometrie: D~ 4m, ähnlich A320, Type 1 Tür
 Vereinfachte Modelle: ebene Abwicklung mit 3D Lasten
 Belastungen: Innendruck + Querkraft Q_z
 Material: Haut (10/80/10) Stringer: (70/30/0), Spantgurte: (70/30/10), -stege (10/80/10)



2. Vereinfachte FE-Modelle erstellen und überprüfen



3. Untersuchungsbereiche festlegen



a) Spannungen in kritischen Knoten

b) Diagonalverformung (Steifigkeitssteigerung)

3. Bewertungskriterien festlegen

Vergleichbarkeit der Spannungen und Verformungen bei verschiedenen Massen und verschiedenen Materialien erforderlich

→ Einführung von Vergleichsparametern

k: „spezifischer Reservefaktor“

$$k = \frac{R}{m} \quad \text{mit} \quad R = \frac{\tau_b}{\tau}$$

R Reservefaktor
 m Masse
 τ_b Schubfestigkeit der Paneelhaut
 τ Schubspannung in der Paneelhaut

Je größer der Faktor **k**, desto Gewichtseffektiver ist das Konzept

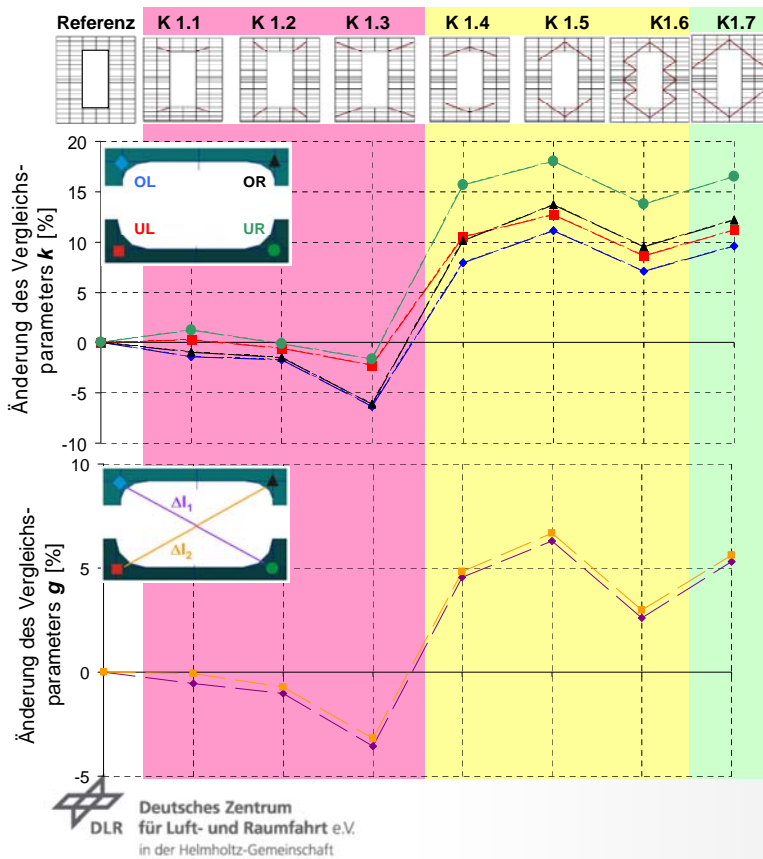
g: „spezifische normierte Länge“

$$g = \frac{L}{m} \quad \text{mit} \quad L = \frac{\Delta l_{ref}}{\Delta l}$$

L normierte Länge
 l Diagonalverformung
 l_{ref} Diagonalverformung am Referenztürausschnitt

Je größer der Faktor **g**, desto höher ist der Steifigkeitsgewinn bezogen aufs Gewicht

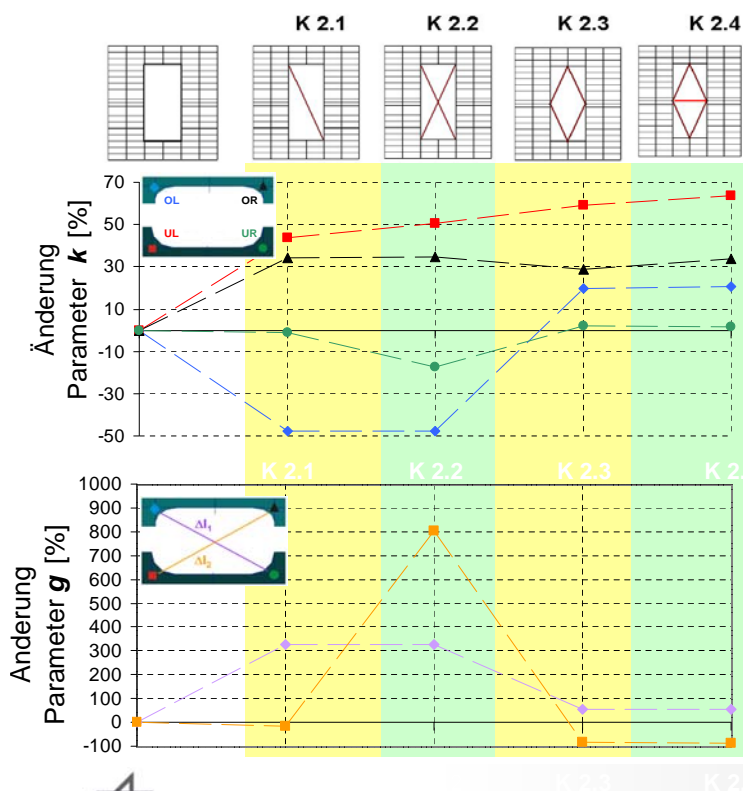
Auswertung: Konzept 1 / Lokales Fachwerk



Fazit

- Konzepte 1, 2, 3
 - ~ Gewichtsneutral ($k \rightarrow$)
 - Spez. Steifigkeit fällt ($g \downarrow$)
 - ➔ keine Verbesserung
- Konzepte 4, 5, 6, 7
 - Gewichtsreduktion ($k \uparrow$)
 - Steifigkeitssteigerung ($g \uparrow$)
 - ➔ Konzepte zeigen Potential,
- ➔ **K1.7 wird weiter untersucht**

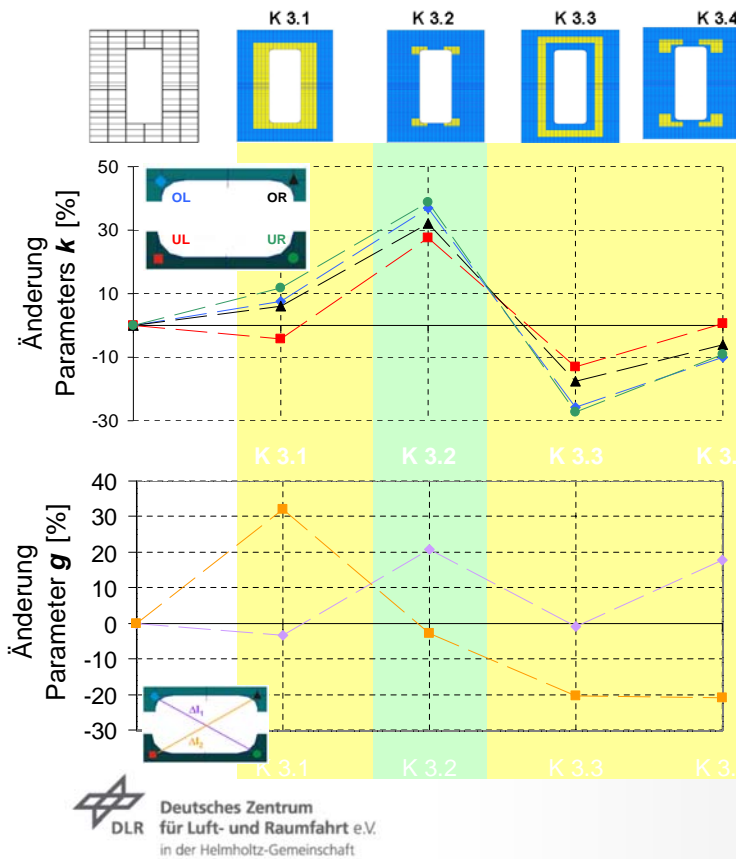
Auswertung: Konzept 2 / Tür-Türrahmenkopplung



Fazit

- Konzept 2.1 und 2.3
 - Gewichtsreduktion ($k \uparrow$)
 - Spez. Steifigkeit teils besser, teils schlechter ($g \uparrow \downarrow$)
- Konzept 2.2
 - Gewicht ~konstant ($k \rightarrow$)
 - Hohe Steifigkeitssteigerung ($g \uparrow$)
- Konzept 2.4
 - hohe Gewichtsreduktion ($k \uparrow$)
 - Spez. Steifigkeit teils besser, teils schlechter ($g \uparrow \downarrow$)
- ➔ **K2.2 und K2.4 wird weiter untersucht**

Auswertung: Konzept 3 / Metallaminat

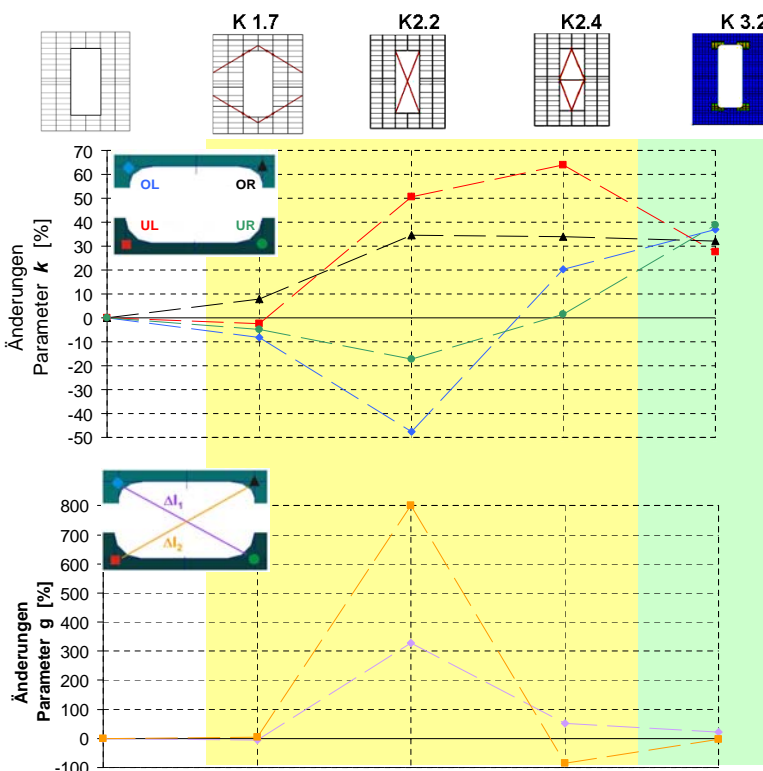


Fazit

- Konzept 3.1, 3.3 und 3.4
 - Gewicht ~konstant ($k \rightarrow$)
 - Steifigkeitssteigerung ($g \uparrow$)
- Konzept 3.2
 - hohe Gewichtsreduktion ($k \uparrow$)
 - Spez. Steifigkeit teils besser ($g \uparrow$)

➔ K3.2 wird weiter untersucht

Gegenüberstellung der ausgewählten Konzepte



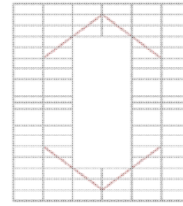
Fazit

- Konzept 1.7
 - ➔ Geringstes Verbesserungspotenzial im direkten Vergleich
- Konzept 2.2
 - ➔ Höchste Verbesserung durch Diagonalversteifung, allerdings teils auch höhere Last bzw. mehr Gewicht
- Konzept 2.4
 - ➔ Ungleichmäßige Auslastung bei gewählten Startparametern ➔ weitere Optimierung erforderlich
- Konzept 3.2
 - ➔ homogene Gewichts- und Aufdickungsreduktion bei konstanter Steifigkeit

Zusammenfassung

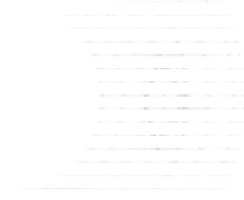
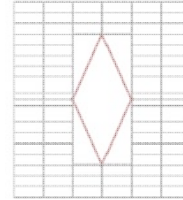
Konzept 1: Lokales Fachwerk

- Konzept wäre relativ einfach umsetzbar.
- Insgesamt ergeben sich nur geringe Verbesserungen.



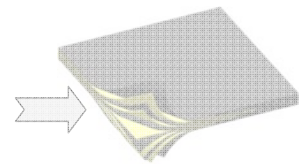
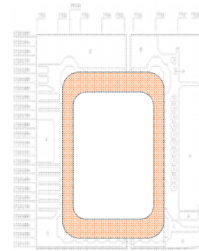
Konzept 2: Tür-Türrahmenkopplung

- Schubspannungen können im kritischen Bereich reduziert werden. Deformation kann erwartungsgemäß stark reduziert werden. Die Zulassbarkeit ist jedoch „komplex“.



Konzept 3: Metallaminat

- Schubspannungen können bei gleichem Gewicht stark reduziert werden. Die Steifigkeit bzw. Deformation ist unverändert.
- Aufdickungen können Materialbedingt stark reduziert werden.

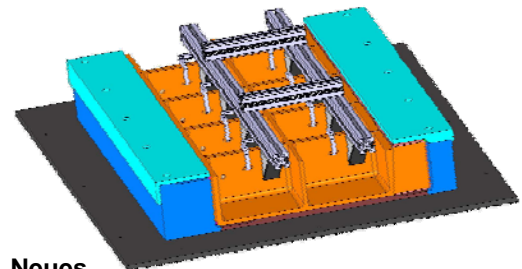
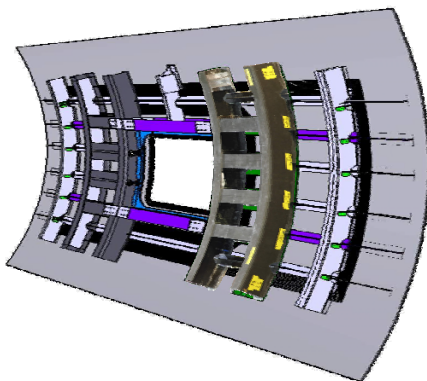


Fertigungsgerechte CFK-Konstruktion

z. B. Rahmenstruktur für Rumpfausschnitte

1) Ausschnitt-Umgebungsstruktur:
Rahmenspannte als Leiterstruktur

2) Fertigungskonzept Leiterstruktur
Ziel: Niedrigere Fertigungskosten



Neues Werkzeugkonzept

- + Gewichtsreduktion
- + Neues Assembly-Konzept
- + Reparierbarkeit gegeben
- Höhere Fertigungskosten

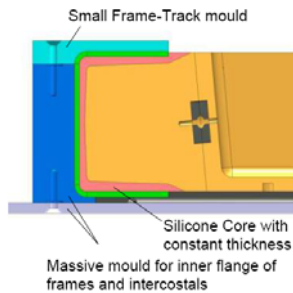


Gefertigter vereinfachter Demonstrator

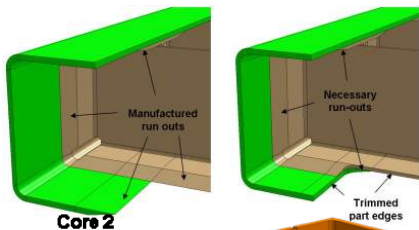
Fertigungsgerechte CFK-Konstruktion

Beispiele für Verbesserungen

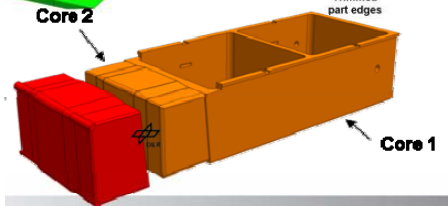
Formkonzept und Aircast-Konzept



Ausläufe und Gruppierung von Plies



Flexible Kerne



Ergebnis

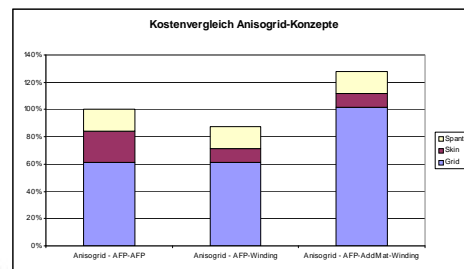
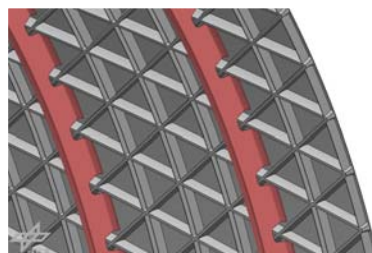
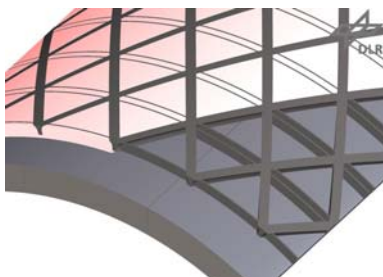
- ✦ Reduktion des Preformaufwands >50%
- ✦ Werkzeugintegriertes (sicheres) Angusskonzept
- ✦ Kostengünstiges Werkzeugkonzept
 - Plug and Play Kerne
 - Anzahl Kerne stark reduziert
 - Entformbarkeit optimiert
 - Wiederverwendbare Kerne entwickelt
 - Nachbearbeitungsaufwand reduziert
- ✦ Reduktion des Zusammenbauaufwands
 - Shim freies Konzept (Toleranzen zu Anbauteilen durch feste Werkzeugformhälfte vorgegeben)
 - Herstellungsbedingte Toleranzen berücksichtigt und teils kompensiert
 - Anzahl an Beschlagelementen und Einzelteilen durch Integralbauweise stark reduziert

Projekt ALF



➤ Untersuchung der Anisogrid-Bauweise hinsichtlich

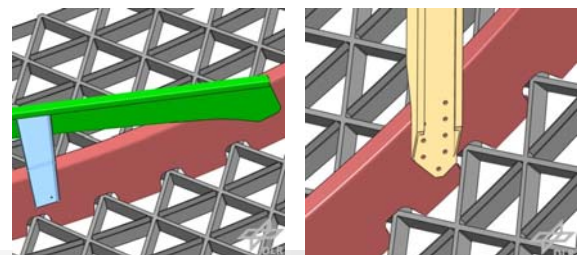
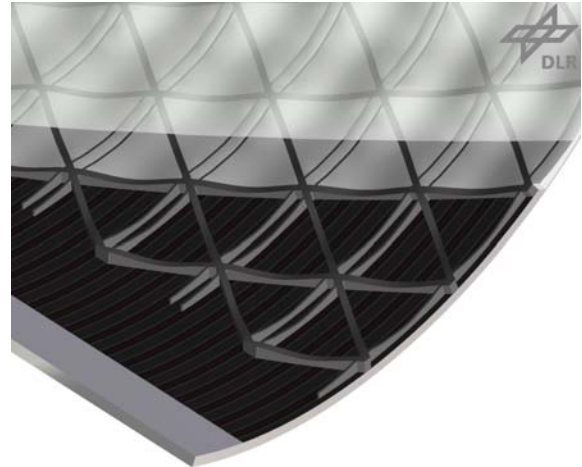
- Seriengerechte Fertigungsverfahren
- Bauweise für Fußbodenlasteinleitung und analytische Vorauslegung
- Analyse der Herstellungskosten



Projekt ALF



- **Fertigung und Bauweise, Fokus auf:**
 - Haut-Netz-Koppelung
 - Knotenbildung im Netz
 - Negativ- oder Positivwerkzeug
 - Einbringung von Spanten zwecks Lasteinleitung
- **Kostenanalyse mit DLR-FA Tool**
 - Identifizierung von Kostentreibern



Projekt ALaSCA – Ausblick

Dez. 2010 – Nov. 2013 – 6 Europäische Partner und 6 Russische Partner



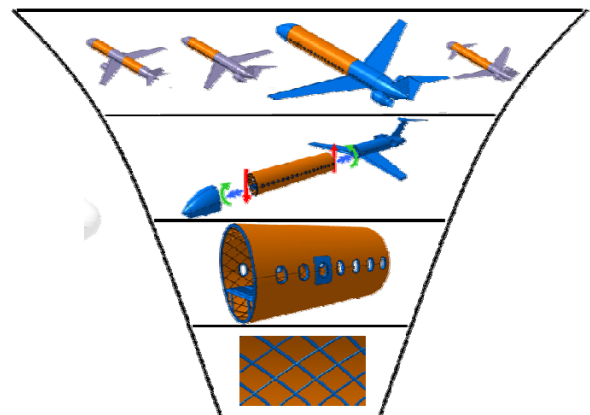
These: Ist eine Anisogrid-Bauweise, welche erfolgreich im Raketenbau eingesetzt wird, sinnvoll für einen Flugzeugrumpf aus CFK?

Vorgehensweise

- Untersuchung der Flugzeuggesamt konfiguration → Ziel: möglichst lange, ungestörte Rumpfstruktur
- Erarbeiten eines globalen Anisogrid-Rumpf-konzeptes, welches am besten die aktuellen Anforderungen an eine Rumpfstruktur erfüllt
- Erarbeiten von lokalen Struktur-lösungen auf Element-Ebene

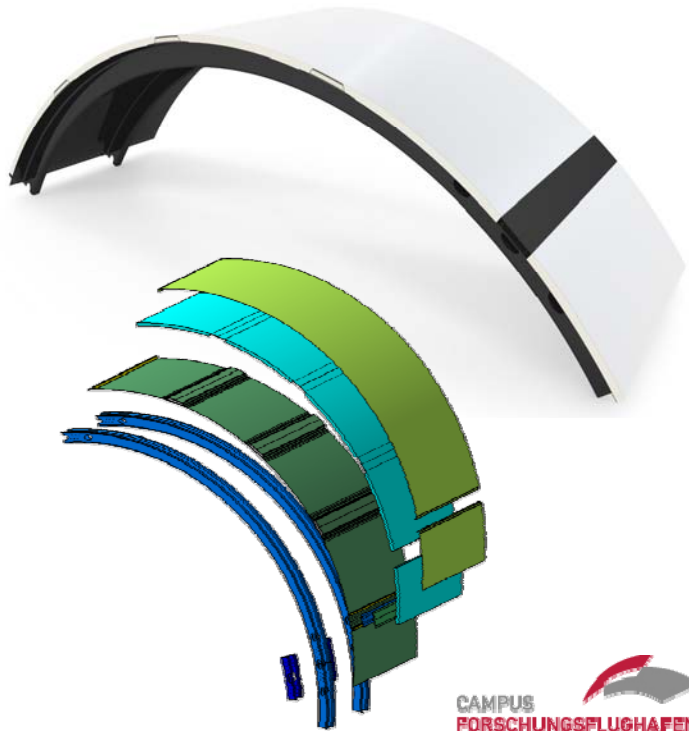
Ziel

- Vergleichbares Anisogrid-Flugzeugrumpf-Konzept zu aktuellen Semi-Monocoque-Bauweisen



Alternatives Konzept – Lampassen-Konzept

- **Integrale Rumpffsegmente** bestehend aus Längsträgern (Longerons) und Sandwichfeldern
- **Longerons:** Aufnahme der Biegebelastung
- **Sandwich-Hautfelder:** Aufnahme des Innendrucks und der Schublasten
- **Asymmetrischer Sandwich:** tragende CFK-Haut innen, Detektorschicht Aluminium außen
- **Aktivitäten:**
 - Vorauslegung
 - Fertigungsstrategien
 - Entwicklung von Verfahren zur Bauweisenbewertung

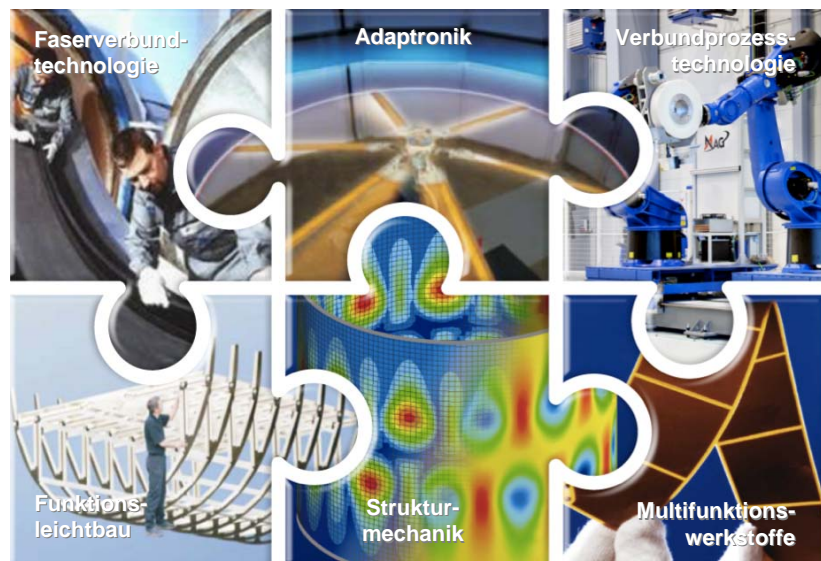


Unsere Fachkompetenzen

Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.



Unsere Fachkompetenzen – Bausteine in der Prozesskette des Hochleistungsleichtbaus

Mit unseren Fachkompetenzen orientieren wir uns entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbaustrukturen.

Für exzellente Ergebnisse in der Grundlagenforschung und industriellen Anwendung.



Faserverbundtechnologie

Neues aus der Forschung für

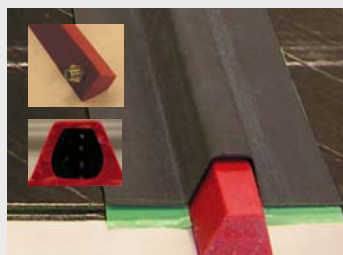
CFK Fertigungstechnologien

Konkurrenzfähige Faserverbundtechnologie

• Industrialisierung

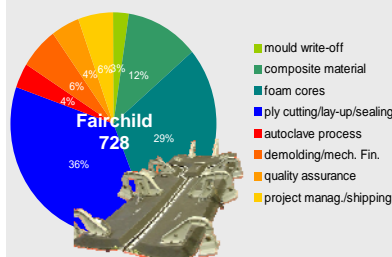


Automatisierung

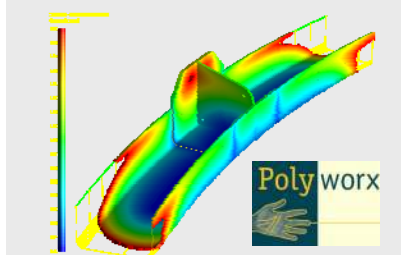


Formwerkzeugkonzepte

• Prozessbewertung

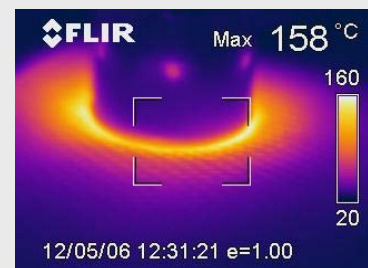


NRC / RC Kosten



Prozesssicherheit / Online-QS

• Energiemanagement



Selektive Erwärmung

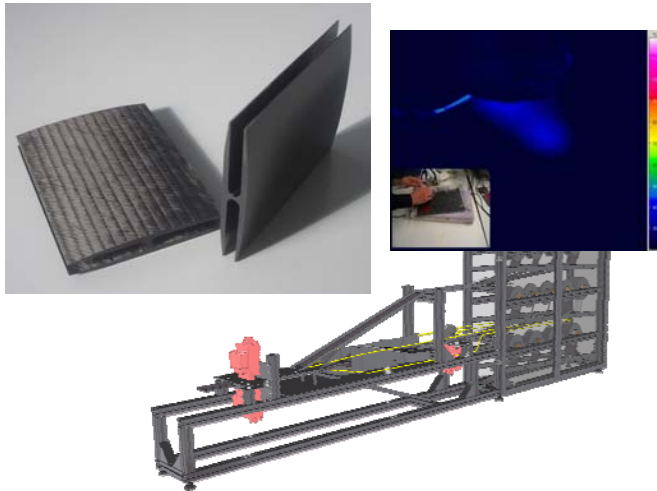


Volumetrische Erwärmung

z.B. Energetische Prozessoptimierung und -verkürzung

MOJO

Kontinuierlich Herstellung von Preforms mithilfe der Induktionstechnik



INFACT

Mikrowellenstrahlungsoptimierte Formwerkzeuge



EU FP6 Projekt MOJO, EU FP7 Projekt INFACT

Unsere Forschungsgebiete | Zukunftsforschung

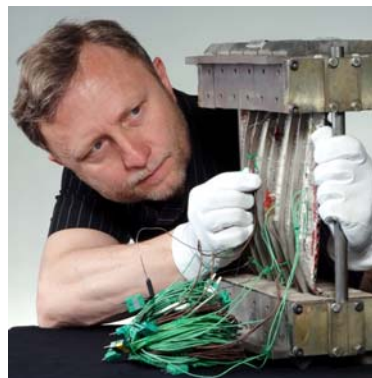
Zukunftsforschung | Unsere Visionen in der grundlagenorientierten Forschung

Von Nano über Mikro zu Makro



- CNT-Aktuatorik
- Wirkung mikroskaliger Defekte aus der CFK-Prozessierung
- Funktionsintegration durch Nanopartikel
- Very High Life Cycle Fatigue

Robuste Gesamtstruktur



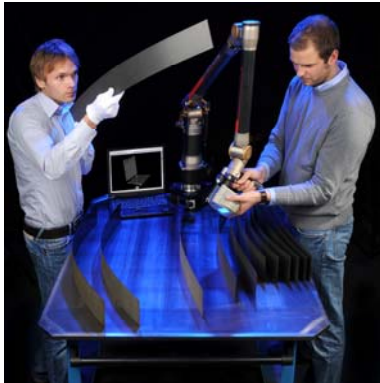
- Interdisziplinäre Entwurfsmethoden
- Robuste, selbstüberwachende CFK-Reparatur
- Strukturanalyse zukünftiger Bauweisen

Strukturkonforme Funktionsdichtung



- Funktionsverdichtende Werkstoffe und Bauweisen
- Funktionalisierte Interieurwerkstoffe und Bauweisen
- Formvariable Strukturen, schaltbare Materialeigenschaften

Lernende CFK-Prozessierung



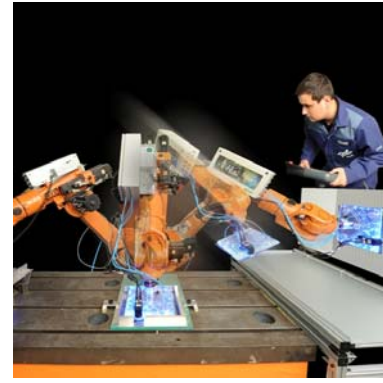
- Virtuelle Prozess- und Prozesskettenoptimierung
- Simulationsgestützte Online-Qualitätssicherung
- Flexible Formwerkzeuge
- Selbstorganisierender Prozessablauf

Autark agierende Faserverbundstrukturen



- Aktive Strömungskontrolle und flexible Hochauftriebsstrukturen für Laminarflügel
- Autonome Bauteilüberwachung
- De-Icing bzw. Anti-Icing
- Semi-aktive Lärmreduktion

Nachhaltige Produktionsprozesse



- Fiber Placement mit kooperierenden Ablagesystemen
- Qualitätsgesicherte Autoklav-Steuerung
- Automatisierte RTM-Prozesse

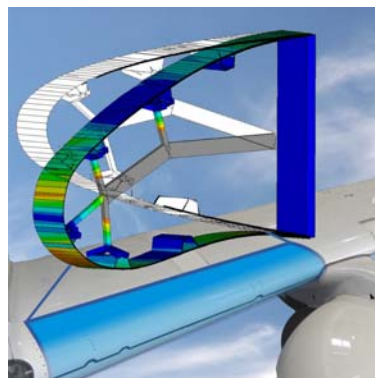
Anwendungsforschung | Unsere Schwerpunkte in der produktorientierten Forschung

Schwerpunkt Rumpftechnologien | T. Ströhlein



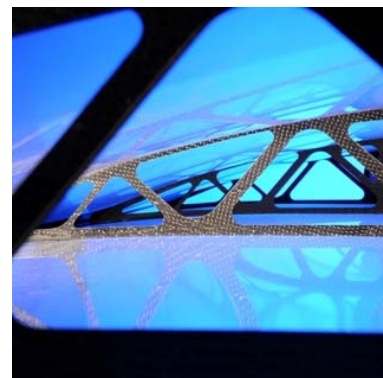
- Rumpfbauweisen und Detailoptimierung
- Große Rumpfausschnitte
- Kosten- und Technologie-Bewertung

Schwerpunkt Hochauftrieb | M. Kintscher



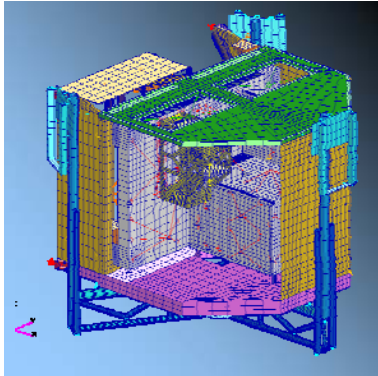
- Flexible Flügelvorderkanten
- Morphing an Hochauftriebs-systemen
- Strukturintegration aktiver Strömungskontrolle

Schwerpunkt Spezialstrukturen | M. Hanke



- Sicherheitsrelevante Luftfahrtstrukturen und UAVs
- Multifunktionale Verbundstrukturen
- Bauweisen- und Technologie-demonstration

Schwerpunkt
Weltraum | Ch. Artl



- Landerstrukturen
- Entfaltbare Raumfahrtstrukturen
- Oberstufe

Schwerpunkt
Verkehr | J. Nickel



- Next Generation Train
- Neue Fahrzeugstrukturen

Zur Klärung von Fragen der Stabilität, Festigkeit und der Thermalanalyse betreiben wir einzigartige Versuchs- und Fertigungseinrichtungen wie thermomechanische Prüfstände, Beulanlage für dynamische Bauteilbelastungen sowie einen Mikrowellenautoklaven.

Wir setzen unsere wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse in Faserverbundleichtbau und Adaptronik in einem internationalen Netzwerk von Forschung und Industrie prototypisch um.

Wir...



Unser Leitbild

- ... sind die Pioniere des anpassungsfähigen Hochleistungsleichtbaus
- ... erweitern in gemeinsamer Spitzenforschung das Wissen
- ... bauen die Brücke von den Grundlagen in die Anwendungen
- ... sind zuverlässige und seriöse Partner
- ... arbeiten professionell

Gerne kommen wir für ein persönliches Gespräch zu Ihnen oder begrüßen Sie in unserem Institut.

Sprechen Sie uns an.

Für weitere Informationen besuchen Sie unsere Internetseite www.dlr.de/fa