



Ein neues Designkonzept für einen CFK-Flugzeugrumpf Werkstoffkolloquium 2006 – Wettbewerb der Werkstoffe

Dr.-Ing. L. Herbeck



Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Dipl.-Ing. C. Kindervater

Institut für Bauweisen und Konstruktionsforschung



Inhalt

1. DLR Center of Excellence “Composite Structures”
2. Faserverbundwerkstoffe im Flugzeugbau
3. Design Konzepte für einen CFK-Rumpf
4. AIRBUS DLR Leitkonzept CFK Rumpf Next Generation

DLR Center of Excellence „Composite Structures“

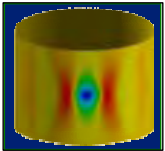


Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik



OE Faserverbundtechnologie (Dr. L. Herbeck)

Duromere Faserverbundwerkstoffe, Konstruktionsprinzipien, Entwicklung von Leichtbaustrukturen und deren Fertigungstechnologien



OE Strukturmechanik (Dr. J. Teßmer)

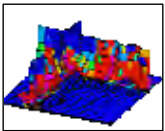
Numerische und experimentelle Analyse von aktiven und passiven Leichtbaustrukturen



Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung

OE Rechnergestützte Bauteilgestaltung (Dr. W. Dudenhausen)

Konstruktion, Herstellung und Fertigungsautomatisierung von überwiegend faserverstärkten Thermoplasten und Hybridstrukturen



OE Strukturelle Integrität (C. Kindervater)

Crash und High Velocity Impact Simulation und Test
Sicherheit für die Insassen

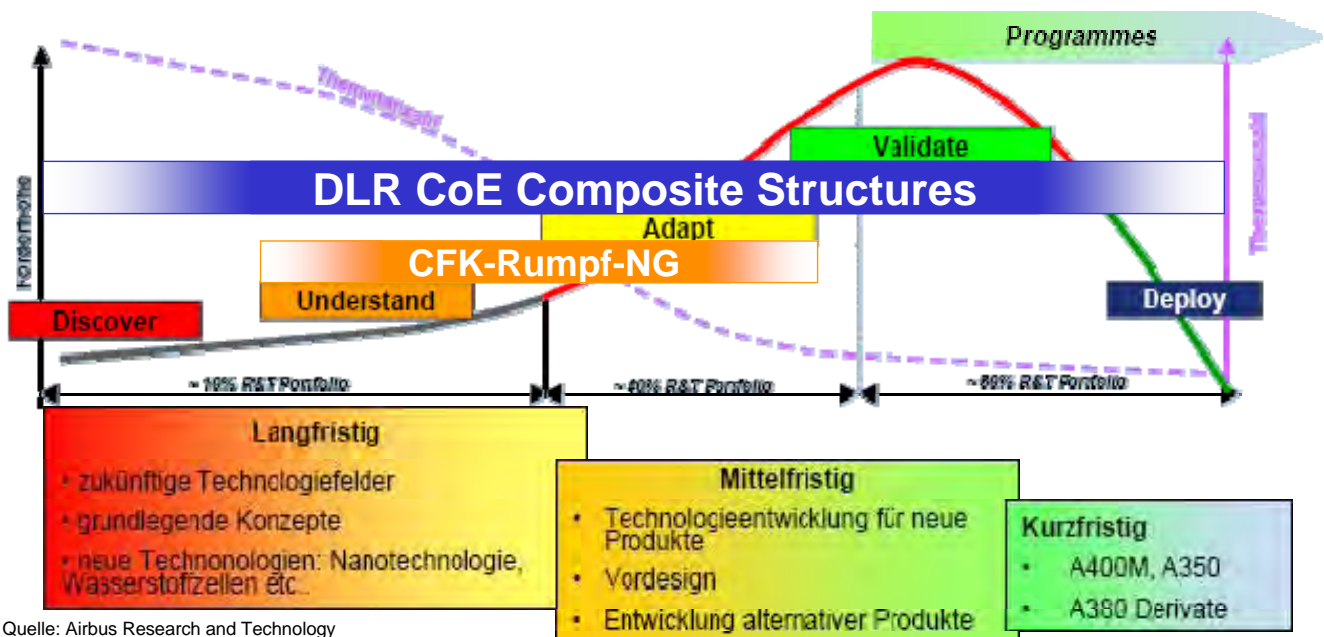
Prozesskette der Faserverbundstrukturenentwicklung

Grad der Konkretisierung



Programmatische Einordnung des Leitprojekts

Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung

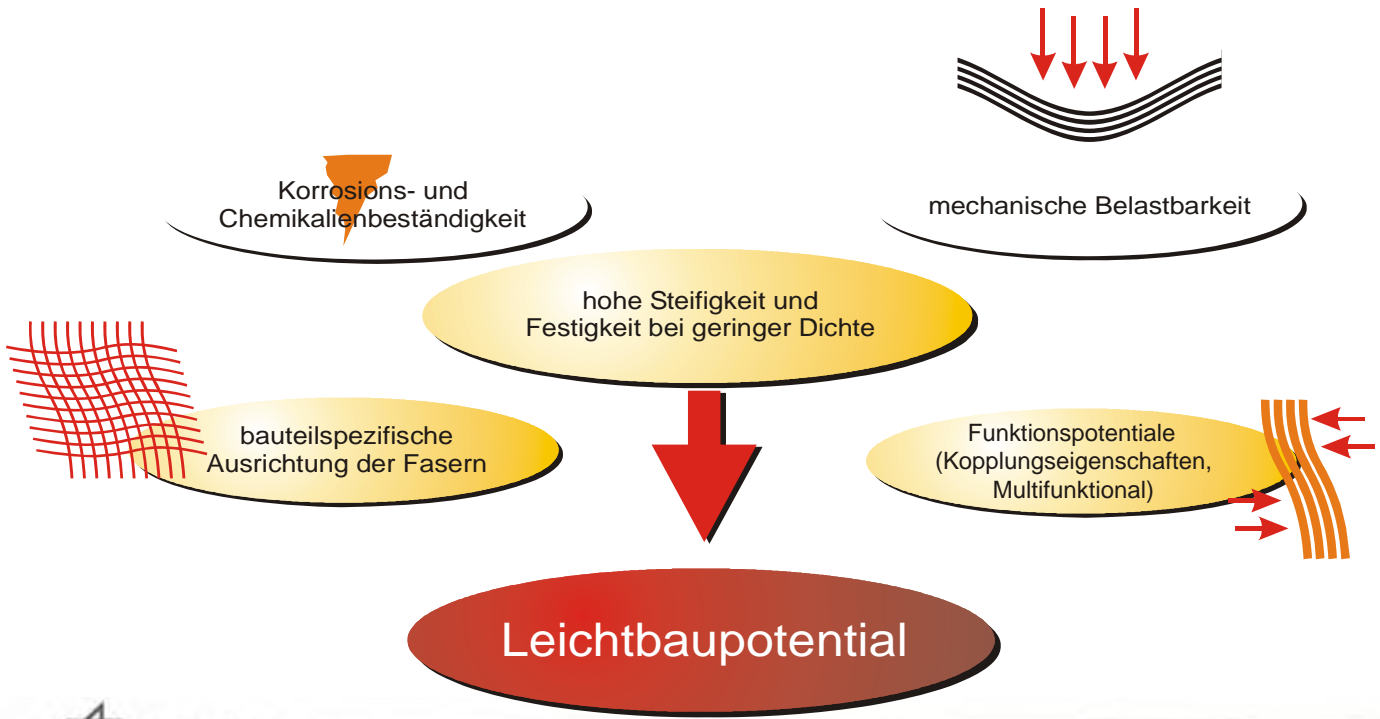


Inhalt

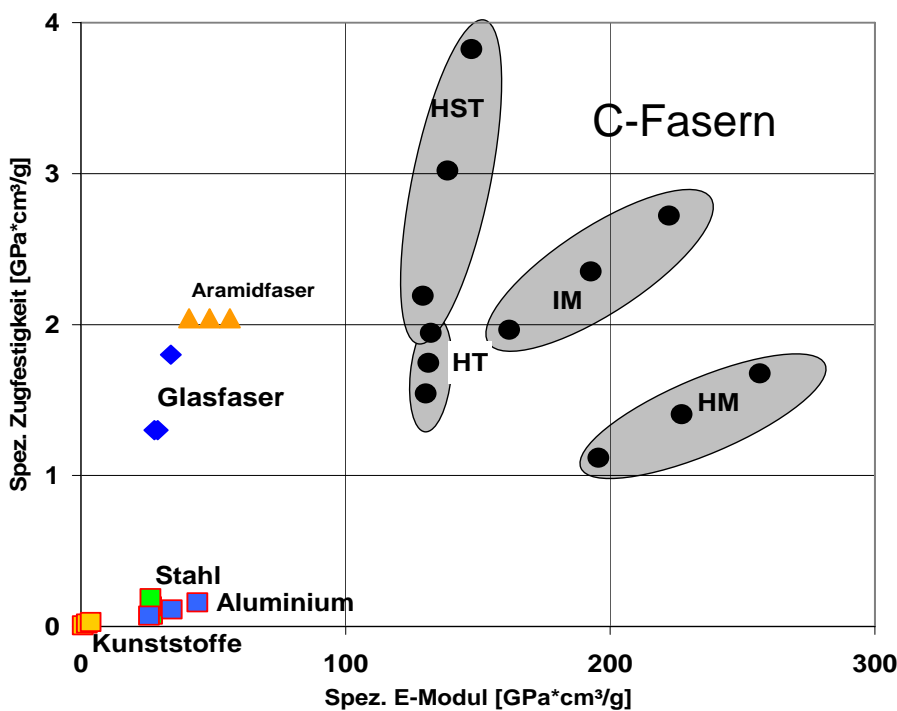
1. DLR Center of Excellence "Composite Structures"
2. Faserverbundwerkstoffe im Flugzeugbau
3. Design Konzepte für einen CFK-Rumpf
4. AIRBUS DLR Leitkonzept CFK Rumpf Next Generation

Faserverbundwerkstoffe

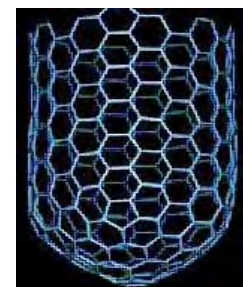
Ein Material mit herausragenden Eigenschaften



Steifigkeit und Festigkeit von Fasern im Vergleich zu Metallen



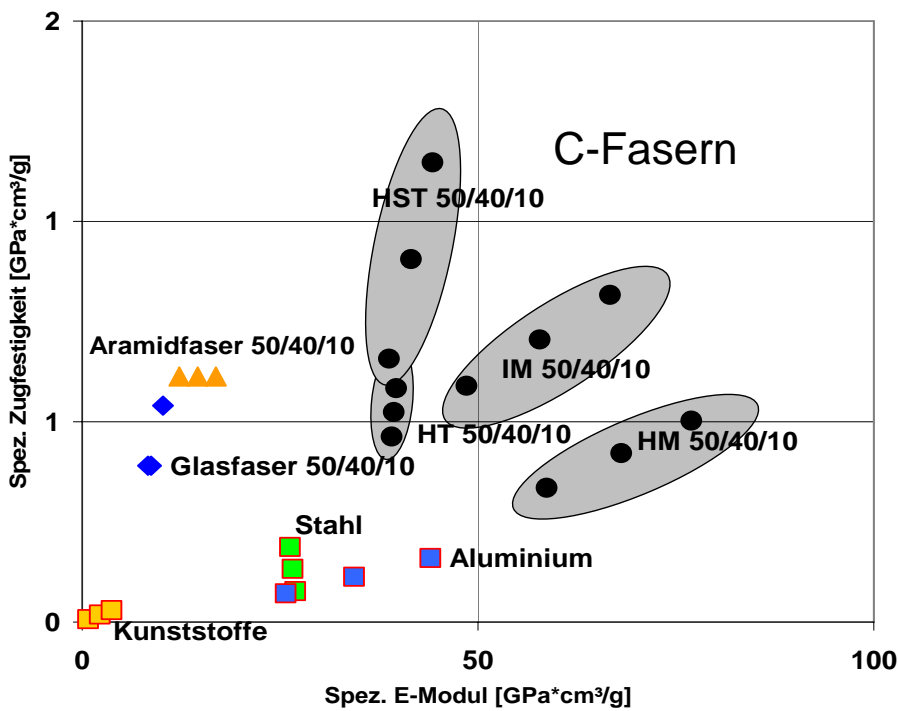
CNT



$$E_{\text{CNT}} > 640 \text{ GPa cm}^3/\text{g}$$

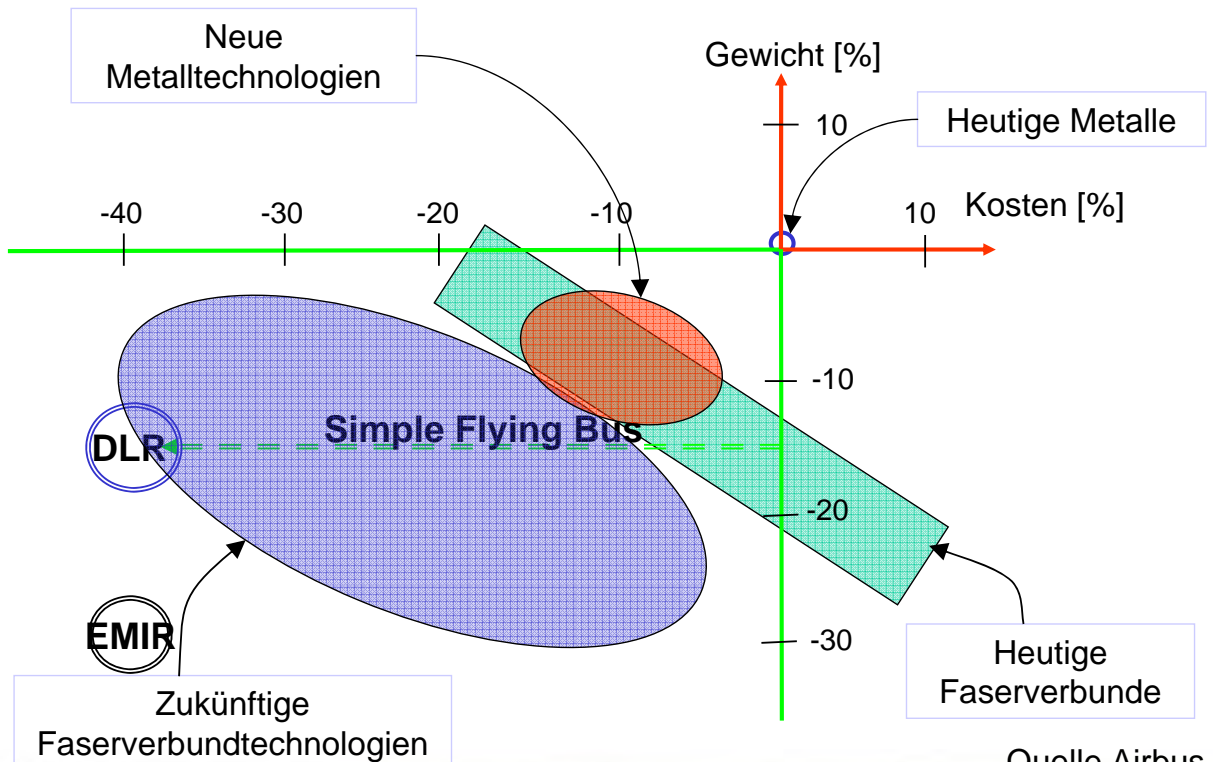
$$\sigma_{\text{CNT}} > 37 \text{ GPa cm}^3/\text{g}$$

Steifigkeit und Festigkeit von Laminaten im Vergleich



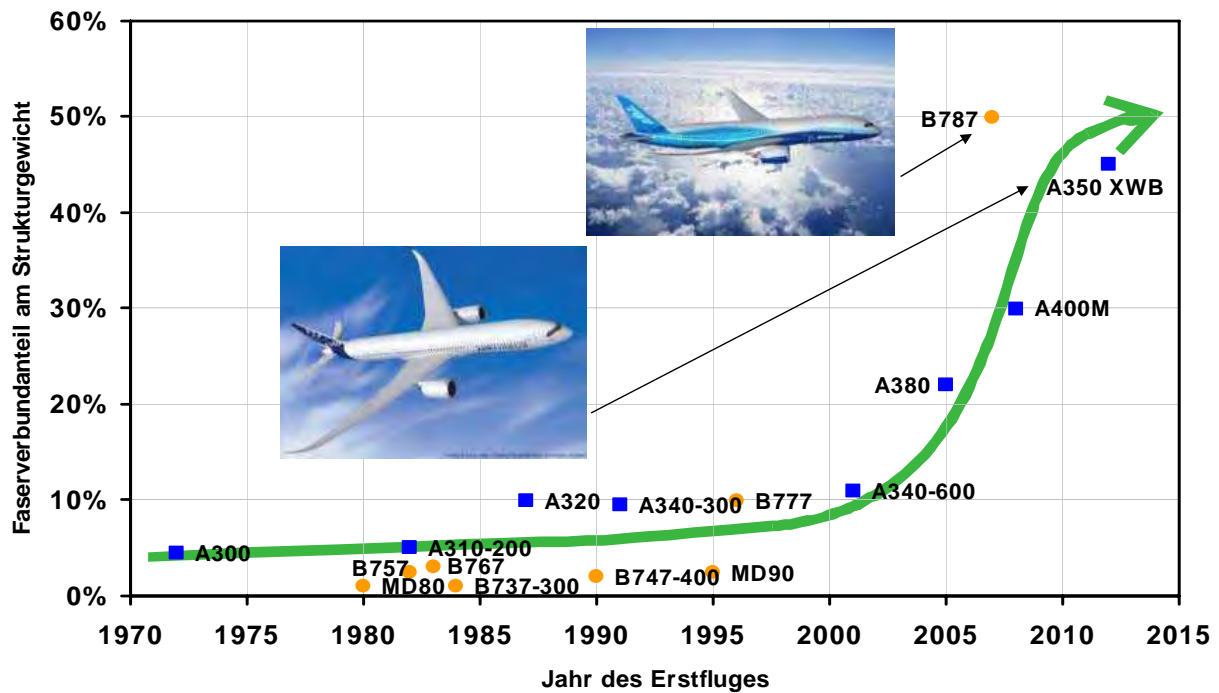
**In Dickenrichtung
Festigkeit und Steifigkeit
der Kunststoffe!**

CFK-Rumpf Entwurfsraum für Kosten und Gewicht



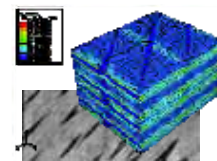
Quelle Airbus

Einsatz von Faserverbundwerkstoffen (Bsp. Flugzeugbau)



Herausforderungen für die Faserverbundwerkstoffe

- **Dreidimensionale Belastungen (Impact)**
 - ➔ Impacttolerante Harzsysteme, (NANO- Partikeln)
 - ➔ 3 D Faserarchitektur
- **Fertigungstechnologie**
 - ➔ Von der Manufaktur zur Produktionstechnik
- **Elektrische Leitfähigkeit**
 - ➔ Elektrisch leitende Harzsysteme, (NANO- Partikeln)
 - ➔ Elektrisch leitende Fasern (Nickelbeschichtung)
- **Strukturauslegung, Materialqualifikation**
 - ➔ Schnelle Berechnungsverfahren
 - ➔ Virtuelles Testen





Inhalt

1. DLR Center of Excellence “Composite Structures”
2. Faserverbundwerkstoffe im Flugzeugbau
- 3. Design Konzepte für einen CFK-Rumpf**
- 4. AIRBUS DLR Leitkonzept CFK Rumpf Next Generation**



Reference Structure “Standard Body” Fuselage

- Today’s Fuselage Metal Design :
 - Riveted Stringer/Frame Design
 - Many Cut-outs (Mainly in the Lower Fuselage Area)
 - Nose Gear Bay, Landing Gear Well



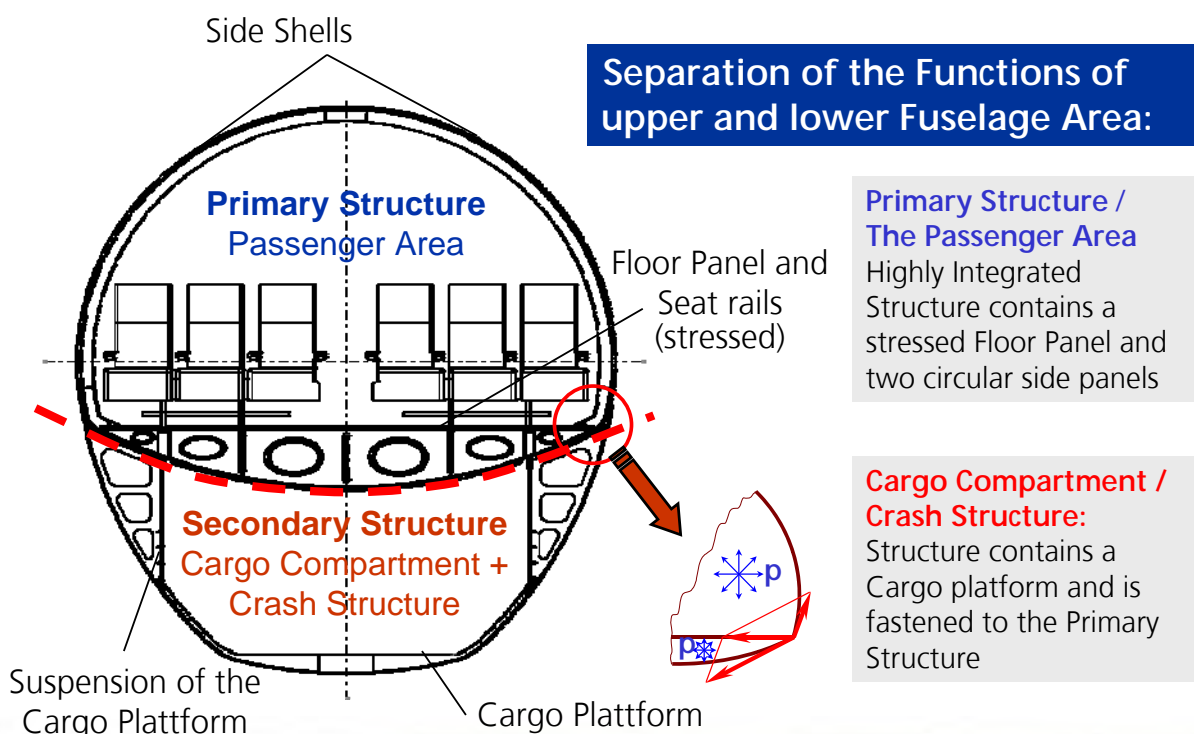
- Complete Pressurized Fuselage Structure

A 1:1 Substitution of this Metal-Design for a CFRP-Fuselage won't lead to the Demanded Targets.

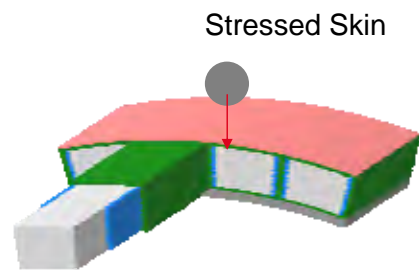
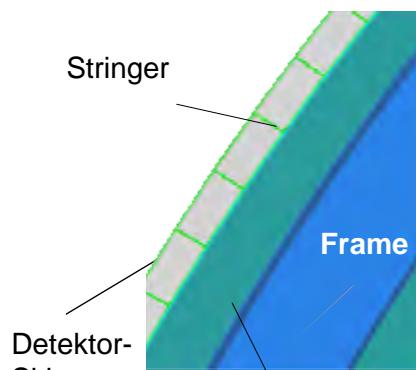
Philosophy for a CFRP-Fuselage

- A Fuselage is not only a Structure but a Complete System
 - Concepts for the integration of function elements of the interior /system
- Use of the Specific Advantages of Advanced Composites
 - Conceptual Degrees of Freedom (Stacking of Layers, ...)
 - Excellent Structural Mechanical Behaviour (Fatigue, Crash, ...)
- Consideration of CFRP-Material Characteristics is necessary
 - Anisotropic Material Behaviour
 - Sensitivity to Impacts and Notches
 - Material and Structure is manufactured in one step
- With all Disciplines new Design Concepts have to be developed
 - Material Research, Design, Analysis, Manufacturing

Global Design Concept: Gondola Concept



Local Design Concepts: Shells



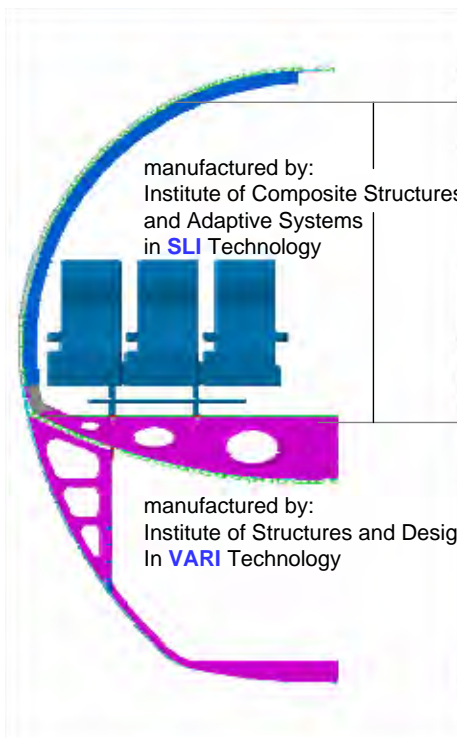
Advantages/Potential:

- No intersection of stringers and frames
- Continuous fastening of stringers and frames
- Foam Core supports the Stringers regarding buckling
- Outer skin is used as a Detection Skin – Reduce Maintenance Efforts
- Multifunctional Elements: Foam Core and Detection Skin is used for heat insulation and noise absorption
- Integral Design - Foam Core is used as a Tooling Aid

Open Questions:

- Additional Mass because of the Foam Core?
- More Complex Manufacturing than Monolithic Structure?
- Moisture Absorption of the Foam Core?
- Inspection Aspect?

Manufacturing Concept: Structural Base Line



upper panel design:

- integrated stringers
- integrated frames
- CFRP/Titanium-Interface



floor panel design:

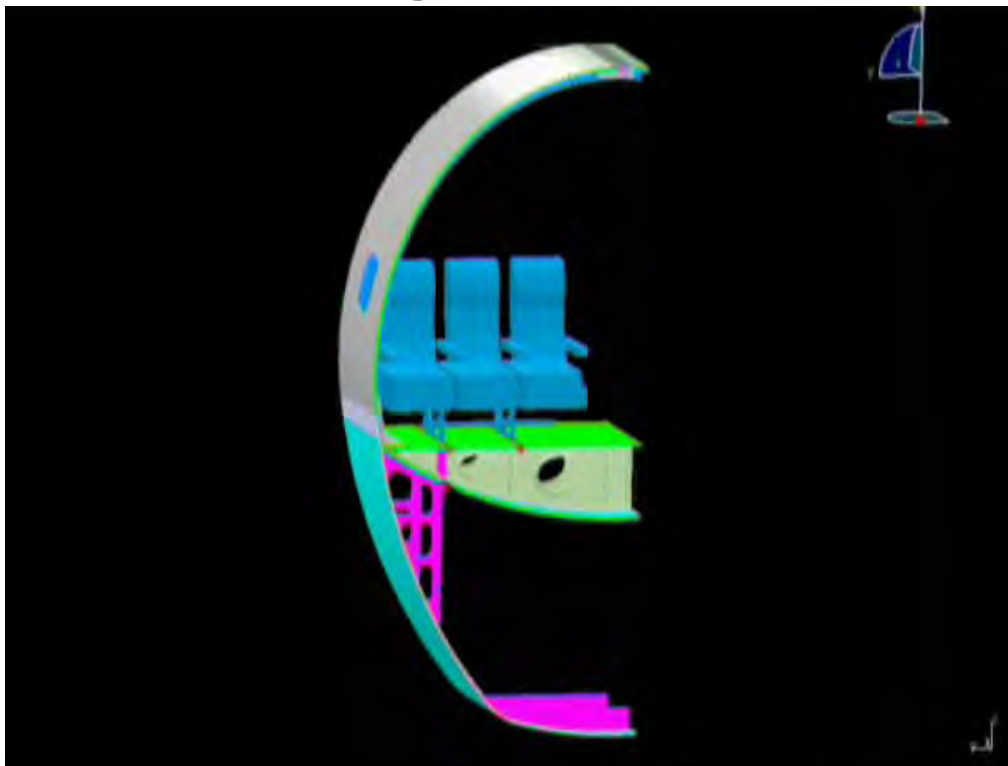
- integrated stringers
- bonded frames with corrugated stiffeners

Demonstrator

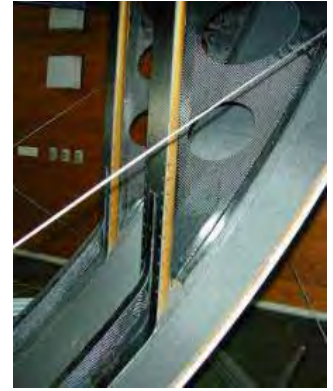
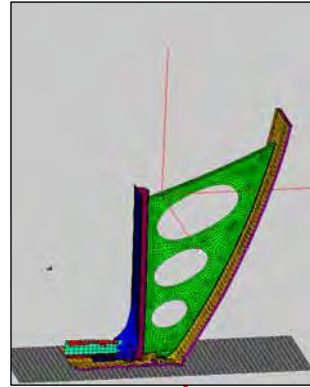
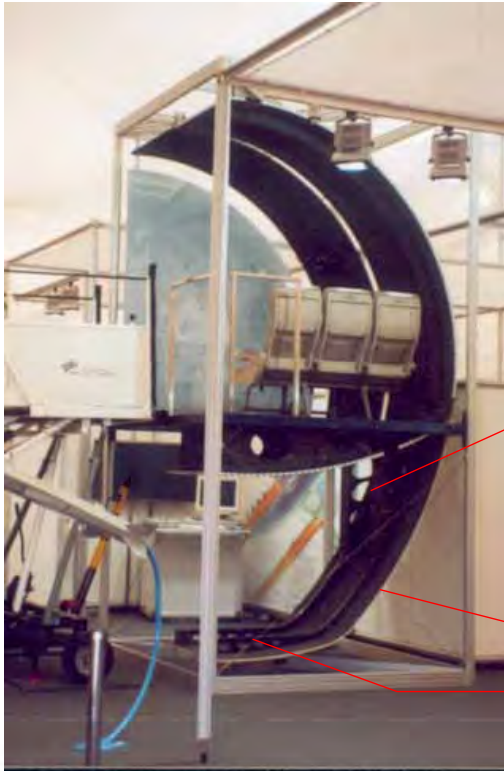
CFRP-Fuselage Demonstrator Section 16/17 (Frame 47/48)



Design and Manufacturing of the Demonstrator



„Gondola“ design for Cargo load - Crash - Impact - Fire



crash bulkheads

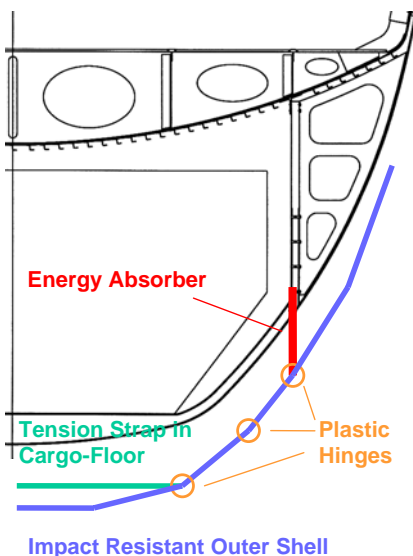
Support of concept development by crash simulation

Cargo floor

Protective shell: Impact&fire



Design of Gondola structure



- Impact/FOD and fire resistant outer shell (e.g. hail, runway, tyre and rim debris)
- Tension straps in the upper flange of the cargo floor bulkhead restricts/reduces flatening of the outer shell which would result in the generation of forces in the y-direction
- In total three „plastic“ hinges between EA strut and cargo floor absorb energy and reduce forces in y-direction of the EA
- The EA strut transfers cargo loads to the upper shells and absorbs energy at the bottom part in the case of a crash

Evaluation of Crash bulkhead

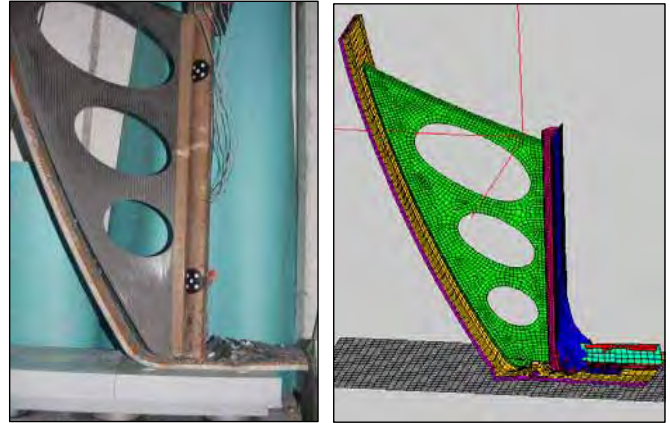
Crashtest and numerical simulation

- Drop weight mass: 200 kg
- Impact velocity: 8 m/s



Crashtests in drop tower

- About 7500 Finite Elements
- Boundary cond. Equivalent to test
- Special interfaces for bulkhead failure



Comparisontest and simulation

Summary Saving Potential: Costs & Weight

New design Concept when using LRI :

The following saving potentials with respect to costs and weight were identified:

- Integration of Functions of the Interior into the Structure
 - Foam Core and Detection Skin is used for heat insulation and noise absorption
 - Integration of the Floor and the Seat Tracks into the stressed Structure
- Use of Composite Material in the Area of undisturbed Load-Bearing Structures
- Non-Load-Bearing Cargo Doors and Fairing Panels in the Area of the Secondary Structures / Cargo Compartment (Reduction of Reinforcements)
- Reduction of (Bolted) Joints by a higher Degree of Integration
- Use of Cost Effective Manufacturing Methods and Advanced dry Fibre Products (Non Crimp Fabric, Braided Tubes, UD Fabrics)
- Use of innovative Preform-Concepts (Tackifier, Foam Core)

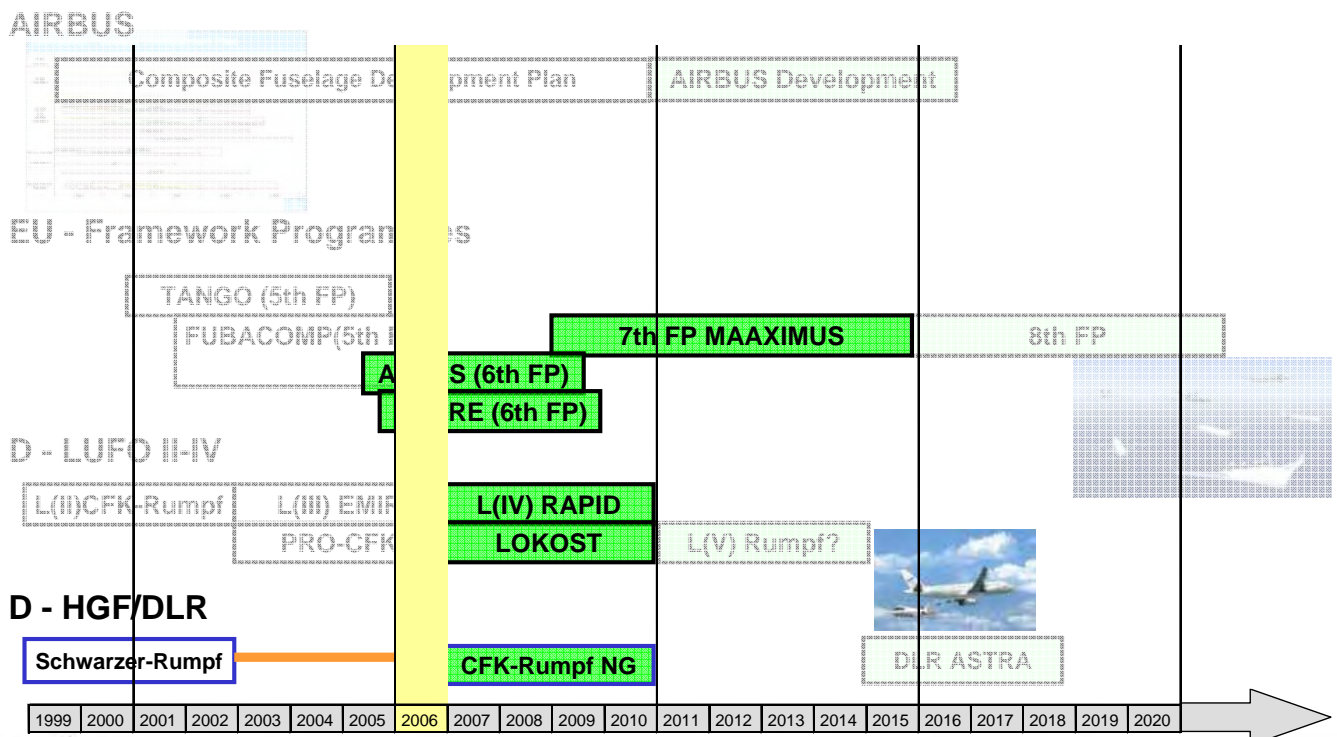


Inhalt

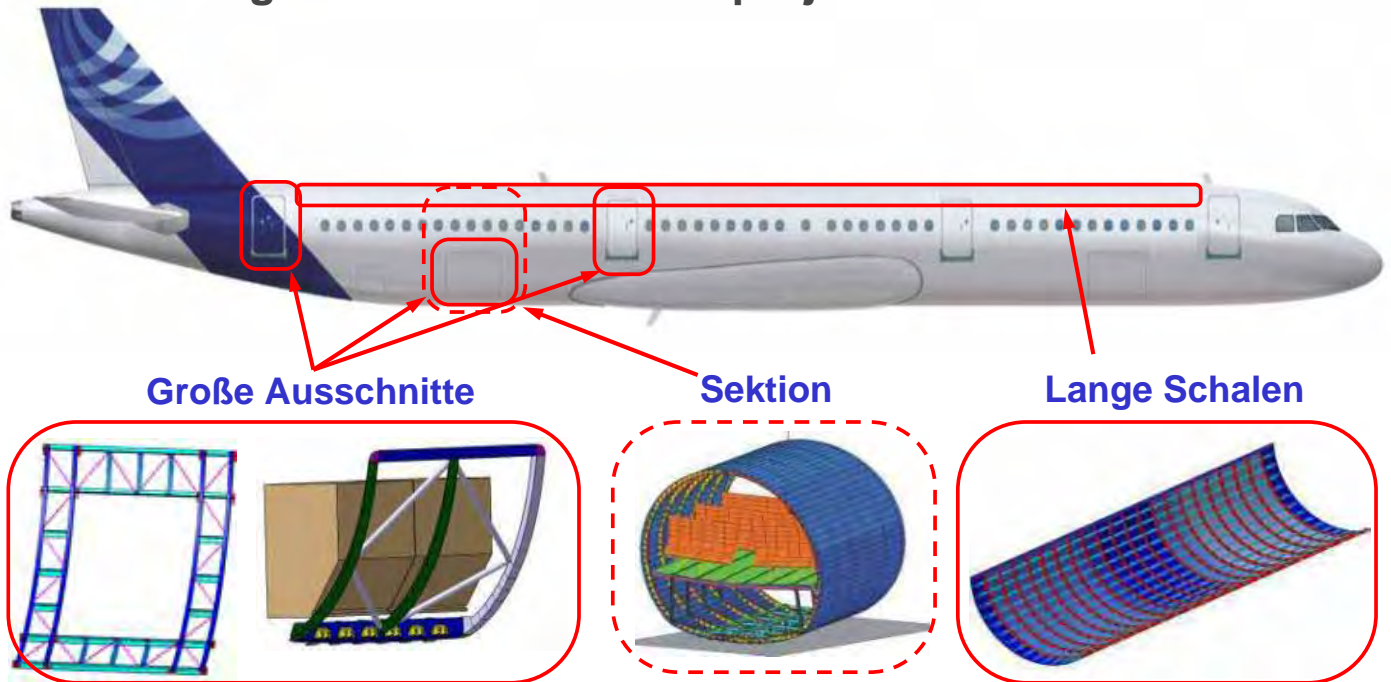
1. DLR Center of Excellence "Composite Structures"
2. Faserverbundwerkstoffe im Flugzeugbau
3. Design Konzepte für einen CFK-Rumpf
4. AIRBUS DLR Leitkonzept CFK Rumpf Next Generation



CFK-Rumpf Projekte



Forschungszielbereiche des Leitprojektes



Wissenschaftliche Ziele CFK Rumpf NG

1. **Gewichtsreduktion um 15 - 20%** durch: neue verbesserte Werkstoffe, intelligente Bauweisen ermöglicht durch SHM, optimierte Strukturen durch verbesserte Simulations- und Reparaturverfahren
2. **Kostenreduktion um 40%** durch: Großserientaugliche Fertigungsverfahren mit angepassten Werkstoffen, industrialisierte Produktionsmethoden für große Bauteile, der Nachweis erfolgt über Kostenanalyseverfahren
3. **Sichere Zelle für sicheres Fliegen** durch verbesserte Vulnerability, Crash und Impact optimierte, Durchbrand sichere, permanent überwachte (SHM) und exakt simulierbare Strukturen, Zerstörungsfreie Prüfverfahren erkennen jeden Fehler
4. **Umweltfreundliches, komfortables Fliegen** durch: Reduktion der Produktionsabfälle, den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, Verbesserten Passagierkomfort (Leise, helle Kabine), der Nachweis erfolgt über Systemanalysen

Übersicht der Projektinhalte 2007 - 2010



1. Neue Werkstoffe und Innovative Produktionsverfahren, Faserverbundgerechte Bauweisen
2. Virtuelles Testen, Schnelle **Tools für das Design** und Zerstörungsfreie Prüfverfahren (NDT), Strukturintegrität: Vulnerability (**Crash, HVI,...**)
3. Akustik und Structural Health Monitoring (SHM), Reparatur und Recycling für neue Bauweisen und sicheren Betrieb

Partner und **Kompetenzen**

DLR Institute und Einrichtungen

- **Faserverbundleichtbau und Adaptronik (FA)**
Industrialisierte Produktionsmethoden, SHM, Simulations- und Reparaturverfahren, Kostenanalyse, neue Werkstoffe
- **Bauweisen- und Konstruktionsforschung (BK)**
Crash/HVI Optimierung, „Design to Crash and HVI“, Simulationsverfahren für hochdynamische Belastung, Hybride Bauweisen mit polymeren Faserverbunden
- **Antriebstechnik (AT)**
Durchbrandsicherheit
- **Fachgruppe Lufttransport und Technologiebewertung (FLT)**
Technologiebewertung



Die Luftfahrzeugstrukturen der Zukunft
sind **nicht** rein

Schwarz **oder** **Silber**

Das Ergebnis des Wettbewerbs der Werkstoffe ist ein:

Multi Material Design

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit