

# Smart Composites enabled by Smart Textiles – über Möglichkeiten und Anforderungen

Dr. **Jan Stüve**, Prof. Dr. Peter Wierach, Alexander Pototzky

Anwenderforum Smart Textiles 2020

Hamburg, 27.02.2020



Wissen für Morgen



# Gliederung

- DLR – Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik – Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie
- Faserverbundkunststoffe – Aufbau und Charakteristika
- Faserverbundfertigung in der Luftfahrt
- Anforderungen an Smart Textiles als Enabler für Smart Composites aus Fertigungssicht
- Praxisbeispiel Forschung: Health Monitoring System
- Praxisbeispiel Forschung: Galley mit integrierten Leiterbahnen
- Zusammenfassung



# DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Aufgaben

Öffentlich geförderte gemeinnützige Organisation

- Forschungseinrichtung
- Raumfahrt-Agentur
- Projektträger

Forschungsschwerpunkte und Querschnittsbereiche

- Luftfahrt
- Raumfahrtforschung und -technologie
- Energie
- Verkehr
- Sicherheit
- Digitalisierung (u.a. „Factory of the Future“, „Condition Monitoring“)

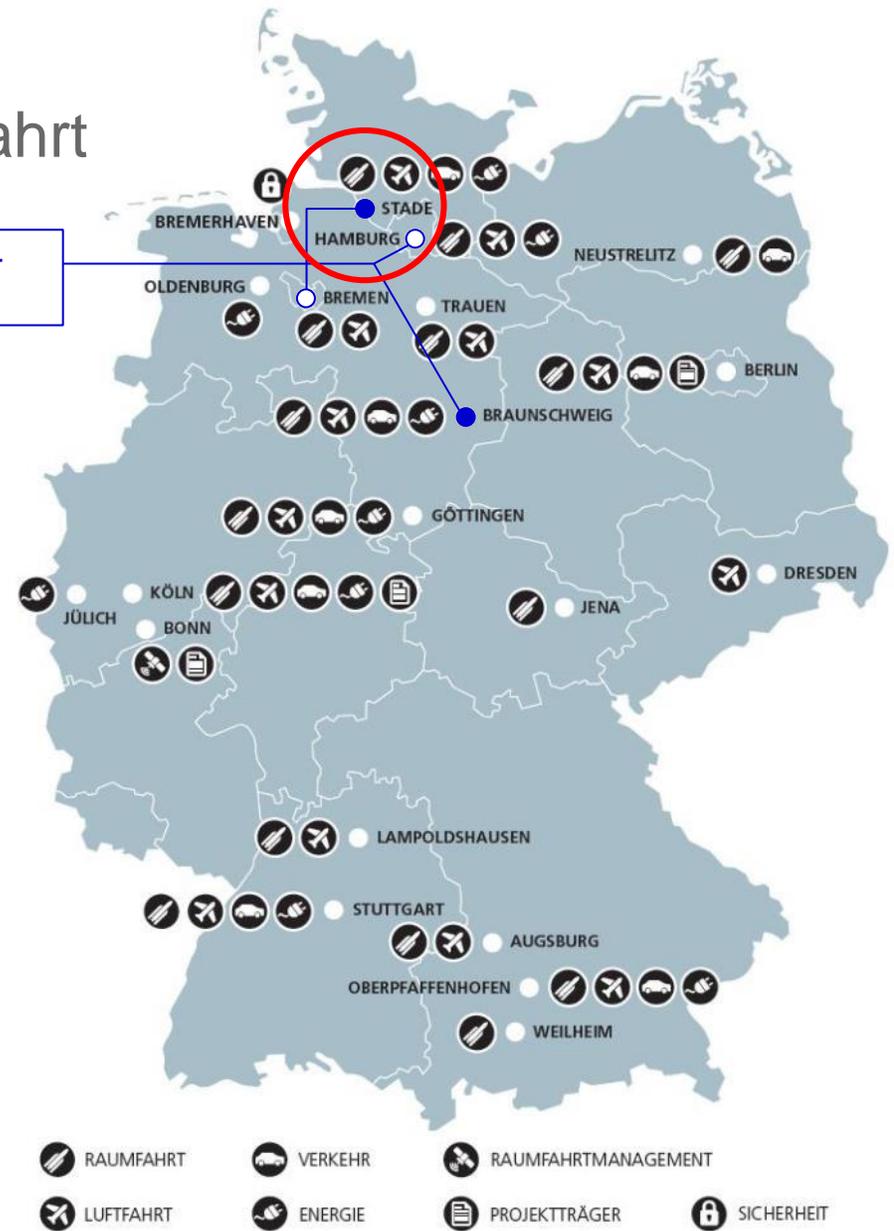


# DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

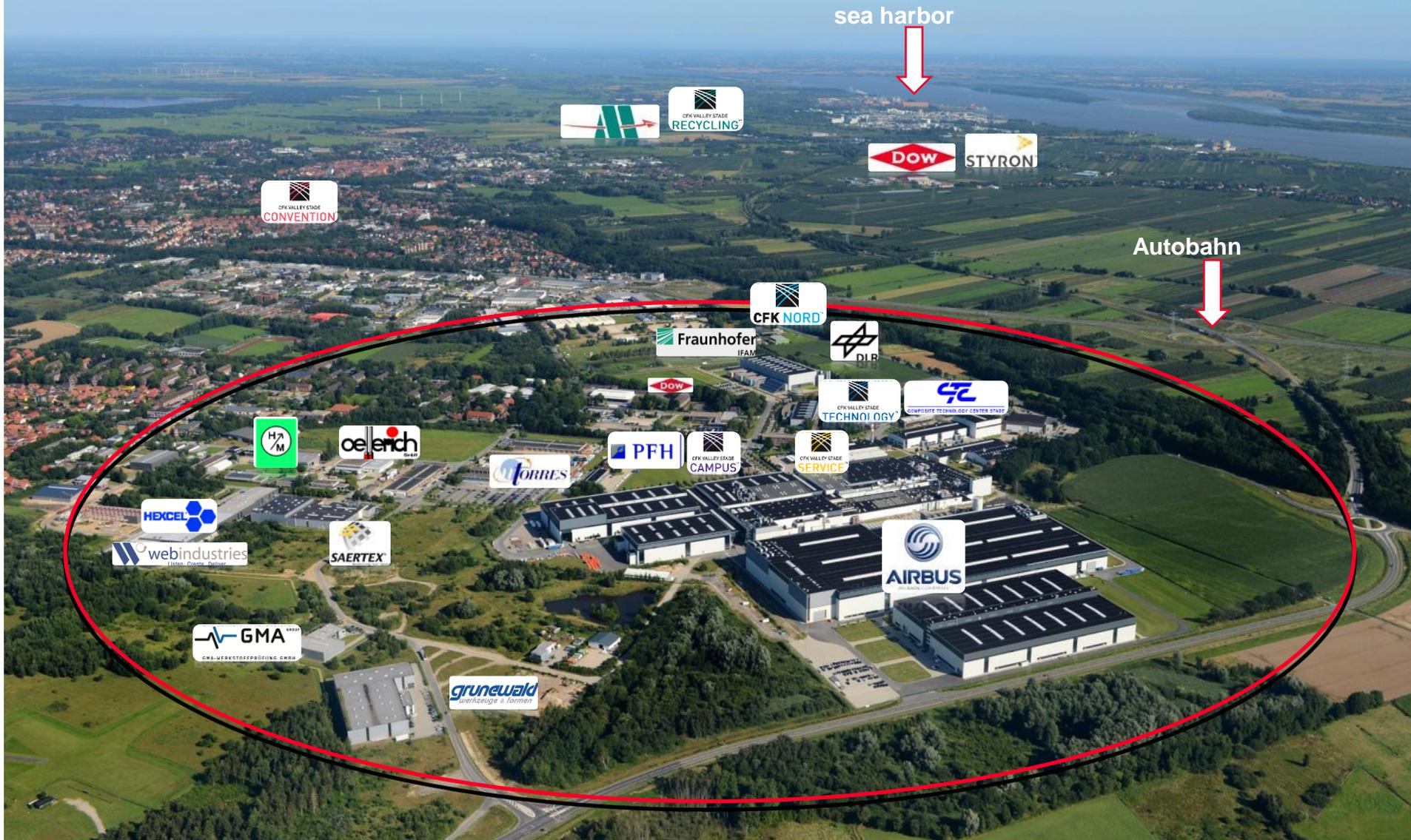
## Standorte und Mitarbeiter

- Ca. 8.500 Mitarbeiter
- 42+ Institute und Einrichtungen
- 20+ Standorte
- Vertretungen in Brüssel, Paris, Tokio und Washington.

Institut für Faserverbund-  
leichtbau und Adaptronik



# The R&D-environment of the CFK-Valley Stade



## Multifunktionswerkstoffe

Prof. Dr. P. Wierach

## Strukturmechanik

Dr. T. Wille

## Funktionsleichtbau

Prof. Dr. C. Hühne

## Faserverbundtechnologie

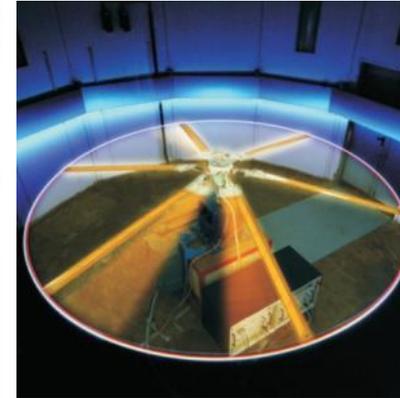
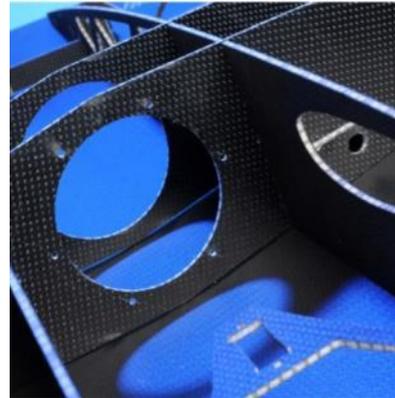
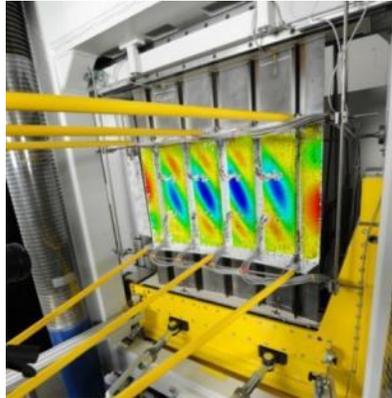
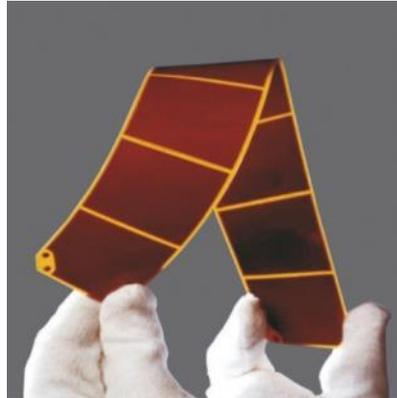
Dr. M. Kleineberg

## Adaptronik

Dr. J. Riemenschneider /  
Prof. Dr. H. P. Monner

## Verbundprozess-technologien

Prof. (TU Delft) Dr. J. Stüve



Vom Material zum

Vom Versagensmechanismus über Modellierung zur

Von Anforderungen über Konzepte zu

Von der Idee über den Prozess zum

Von funktionalisierten Verbundwerkstoffen zu

Effiziente und nachhaltige Fertigungsprozesse im

**Intelligenten Verbundwerkstoff**

**Effizienten Strukturanalyse**

**Multifunktionalen Strukturen**

**Validierten Prototypen**

**Adaptiven Systemen**

**Industriemaßstab**

## Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

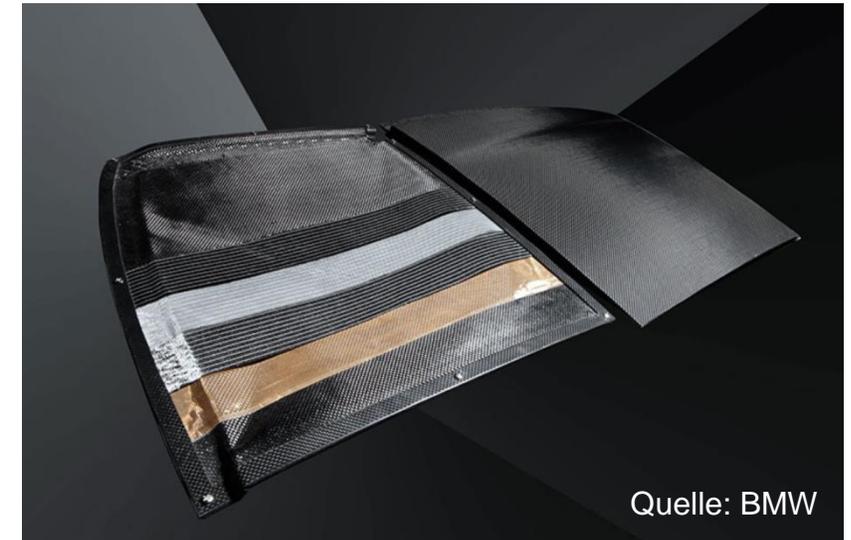
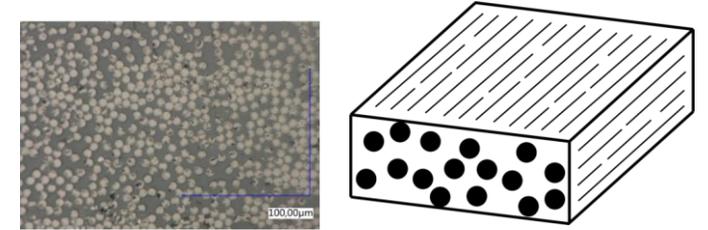
Direktor: Prof. Dr.-Ing. Martin Wiedemann, Stv. Direktor: Prof. Dr.-Ing. Peter Wierach

**ZLP Stade**



# Faserverbundkunststoffe – Leichtbau mit Fasern und Harz

- Fasern + Harz = hochfester und hochsteifer Leichtbau-Werkstoff
- In vielen Verfahren Einsatz von textilen Halbzeugen aus Hochleistungsfasern (Carbon, Glas, Basalt, Aramid,...)
- Bauteil und Werkstoff entstehen simultan
  - Integrationsmöglichkeit
  - Potential für Smart Textiles zur Funktionsintegration
- → aber wie funktioniert Faserverbundherstellung in der Luftfahrt?



Lagenaufbau des BMW-i3-Dachs



# Automatisierte und manuelle Herstellungsverfahren im EU-Projekt Maaximus Demonstrator eines Flugzeugrumpfes

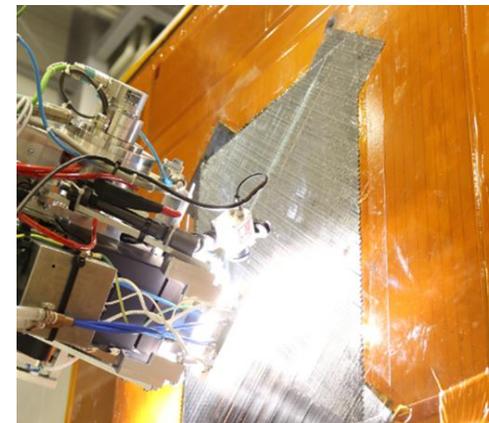
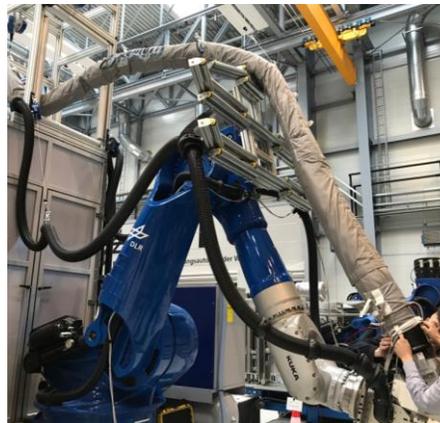
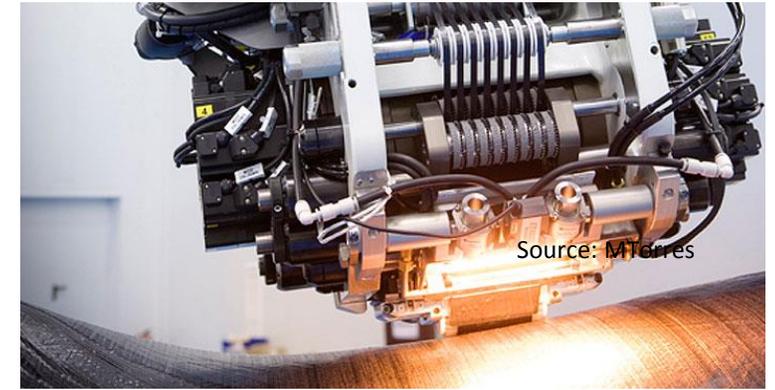


- Video -



# Anforderungen an Smart Textiles im Automated Fiber Placement Prozess

- Bereitstellung in geeigneter Form auf Rollen
- Gängige Materialbreiten (Breite: ¼ Zoll, ½ Zoll bis 1 Zoll)
- Breitentoleranzen +/- 0.13 mm
- Führung über Umlenkrollen und durch Schläuche
- Towspannungen >1N je Tape
- Ablegegeschwindigkeiten bis zu 1,2 m/s
- Eigensteif und Schneidfähig
- Erhöhung der Klebrigkeit durch thermische Aktivierung bis 420°C
- Mechanischer Druck am Ablegepunkt: bis zu 2000N



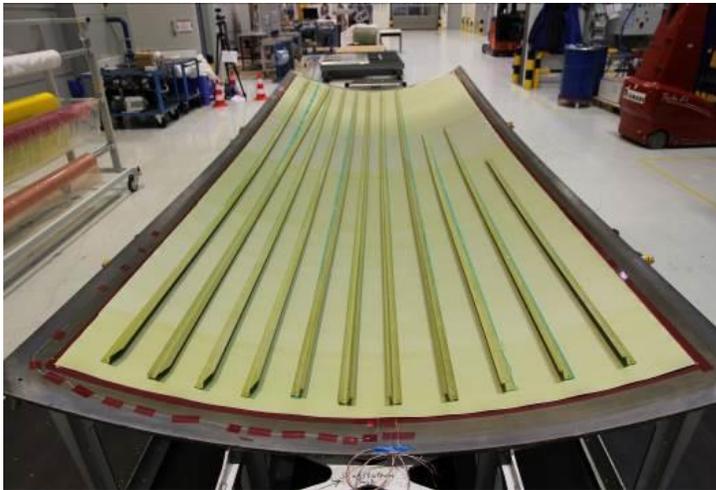
# Anforderungen an Smart Textiles in der Autoklavverarbeitung

- Vakuumverträglichkeit
- Druckresistenz bis zu 16 bar Druck
- Temperaturen über bis zu 4 Stunden von 180°C für Duroplast-, bzw. 380°C für Thermoplastverarbeitung
- Resistenz gegen epoxidische Reaktionen und Ester



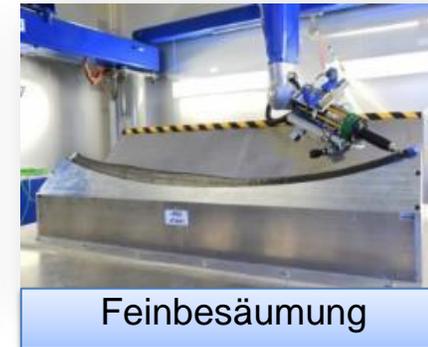
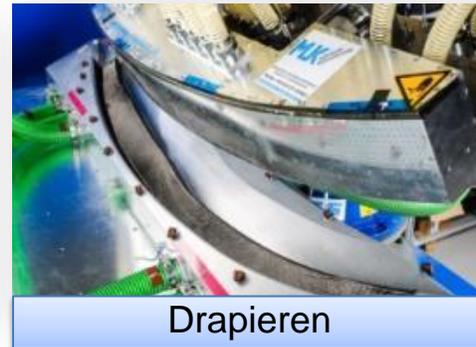
## Legende:

- Bauteil und Stringer
- Breather
- Trennfolie
- Vakuumdichtband
- Peelply
- Vakuumfolie



# Anforderungen an Smart Textiles im textilen Preforming und RTM-Prozess

- Möglichkeit der textilen Vorfertigung
- Automatisierter Zuschnitt
- Drapieren (Formgebung)
- Fixieren mit Bindern (Temperatureinwirkung < 100°C)
- Widerstand gegen Harzstrom mit bis zu 60 bar Einspritzdruck
- Temperaturen bis zu 200°C über 80 min



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System

## Potentiale

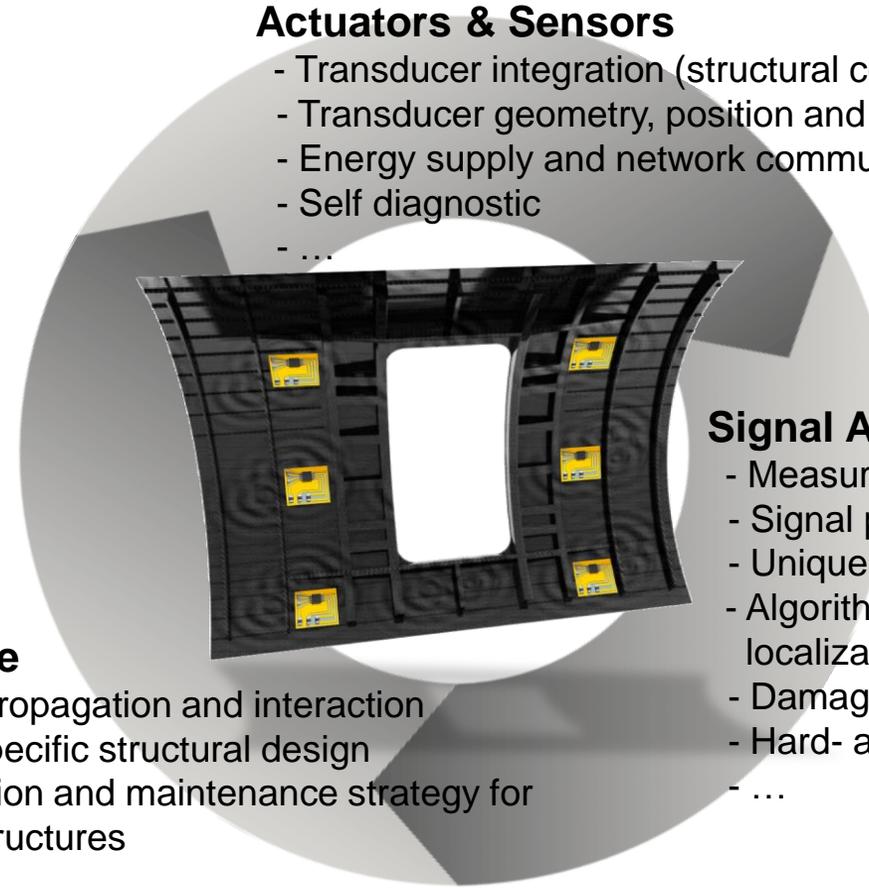
- Erhöhung von Sicherheit und Verfügbarkeit
- Reduktion von Wartungsaufwand/-kosten
- Gewichtsreduktion
  - Erweiterte Designgrenzen
  - Neue Designkonzepte

## Forschungsschwerpunkte

- Lambwellen basiertes System
- Verständnis der Effekte der Wellenausbreitung in realen Flugzeugstrukturen
- Integrationstechniken
- Fertigungsprozess

## Actuators & Sensors

- Transducer integration (structural conformity)
- Transducer geometry, position and amount
- Energy supply and network communication
- Self diagnostic
- ...



## Signal Analysis

- Measurement principle (AU, AE,...)
- Signal processing
- Unique damage indicators
- Algorithms for damage detection and localization
- Damage visualization and evaluation
- Hard- and software modules
- ...

## Structure

- Wave propagation and interaction
- SHM specific structural design
- Inspection and maintenance strategy for SHM structures
- ...



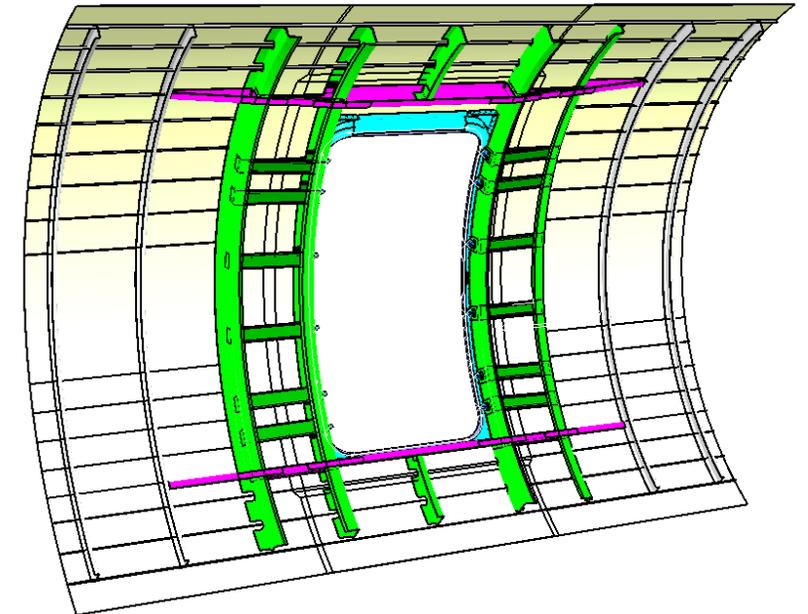
# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System

## Door Surround Structure (Türumgebungsstruktur)

- Hochbelastete Strukturkomponente
- Komplexes Design  
(SHM-Herausforderung)
- Hohe Wahrscheinlichkeit von Schadensereignissen
- Business case: Erhöhung der Flugzeugverfügbarkeit



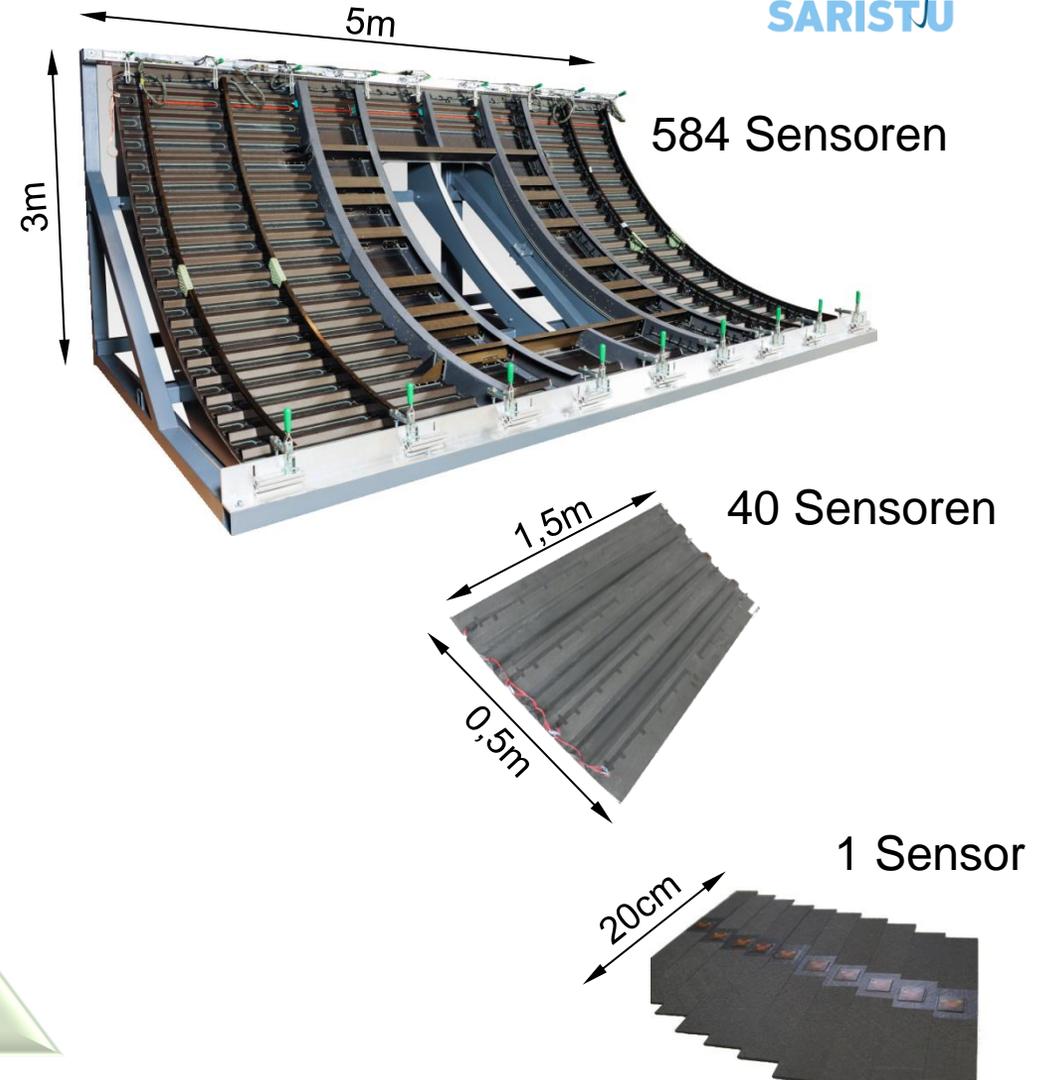
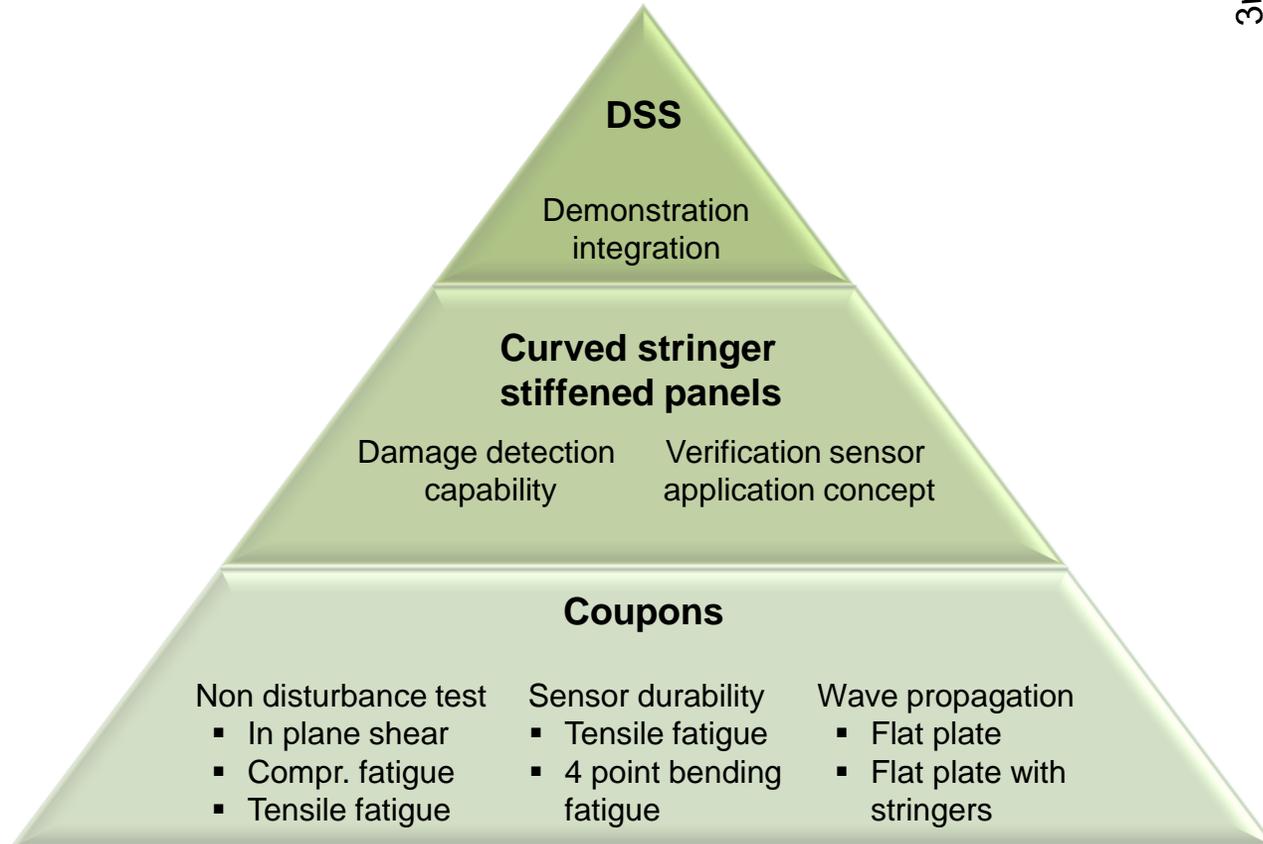
Source: Airbus



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System



## Door Surround Structure: Test Pyramide

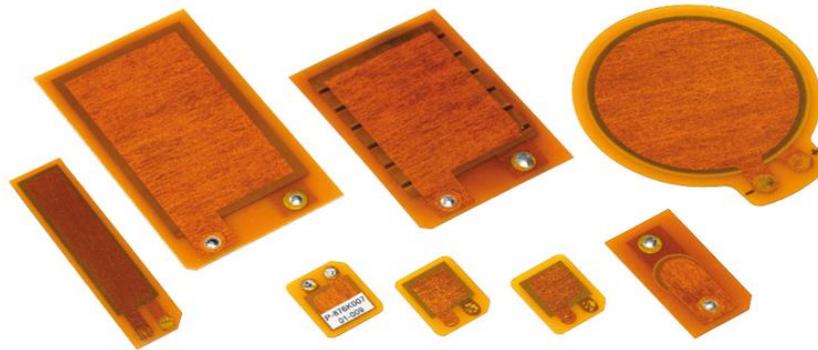


# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System

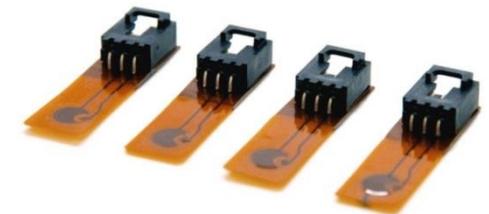


## Door Surround Structure: Sensortypen

- **DuraAct™**  
PI-Ceramic  
(Licensed by DLR)



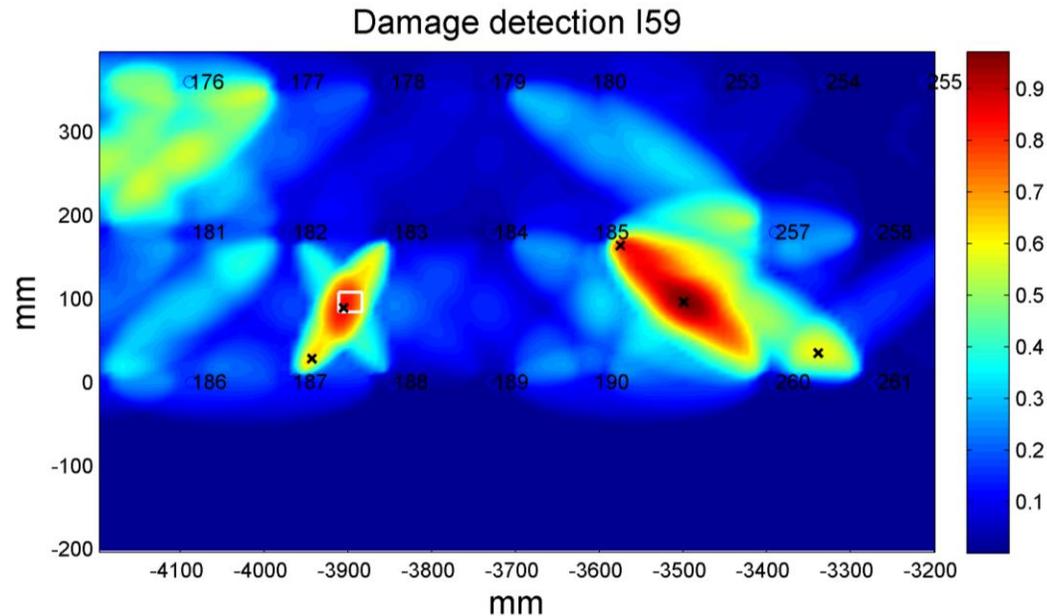
- **SMARTLayer®**  
Acellent Technologies



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System

## Door Surround Structure: Ergebnisse

- Einbringung von 112 Impact-Schäden auf die Außenhaut
- Detektierte Schadensarten:
  - Delaminationen
  - Ablösung von Stringern, Spanten, Clips
- Validierung der Schadensereignisse mittels Ultraschall



Impact



US-NDT



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Structural Health Monitoring System

## Erstanwendung: Zug Front End (Projekt Fawasis)

Herausforderungen durch Faserverbundleichtbau

- Konstruktion
- Brandschutz
- Fertigung

Überwachung mittels SHM-System im Fahrbetrieb

- Netzwerkdesign und -auslegung
- Robuster Versuchsaufbau
- Erprobung im regulären Fahrbetrieb



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Galley eines Flugzeugs mit elektrisch leitfähigen Deckschichten

## Problemstellung

- Die Verkabelung auf der Rückwand einer Galley nimmt bis zu drei Fertigungsschichten (à 8h) in Anspruch.
- In dem Projekt InGa (LuFo IV-II „Innovative Galley“) wurde die Verkabelung der Erdung (Fehlerstrom) optimiert.
- Einhaltung der strikten Luftfahrtanforderungen erforderlich:
  - Der Widerstand von jedem beliebigen Messpunkt auf einem Schutzleiter bis zum Haupterdungspunkt am Flugzeug darf 10 m $\Omega$  nicht überschreiten. (EDR-9200M1F0380 00)
  - Es müssen zwei redundante Erdungswege von jedem elektrischen Gerät zu dem Hauptanschluss realisiert werden

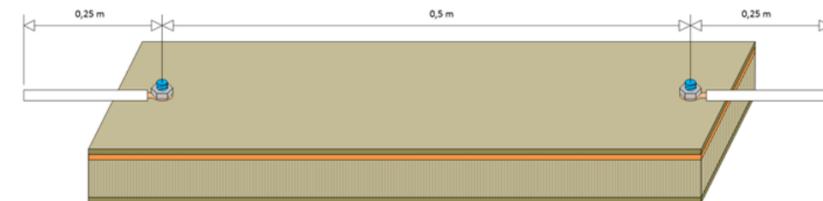
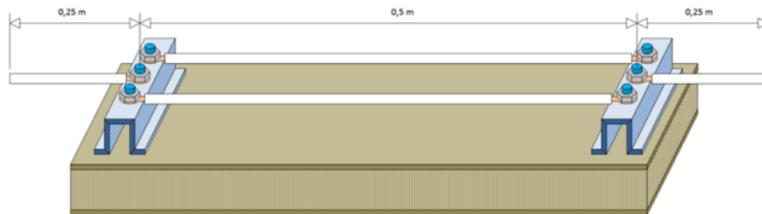
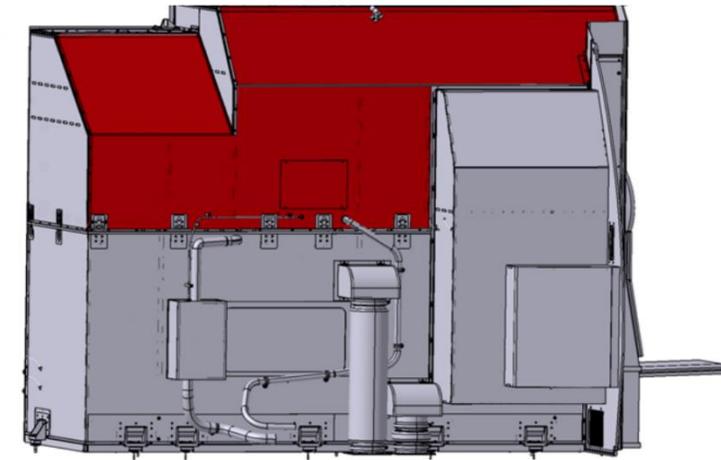
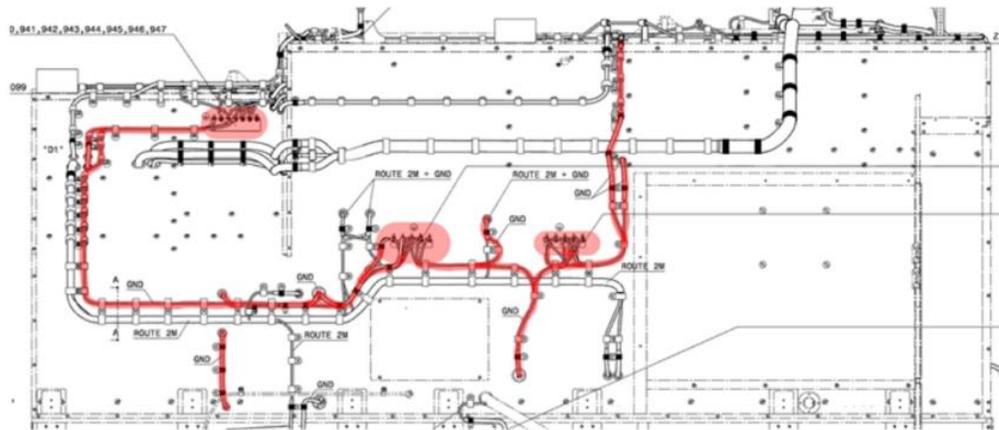


Rückwand mit bisheriger Verkabelung



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Galley eines Flugzeugs mit elektrisch leitfähigen Deckschichten

## Grundidee - Vereinfachen der Leitergeometrie



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Galley eines Flugzeugs mit elektrisch leitfähigen Deckschichten

## Fertigung des Erdungspanels

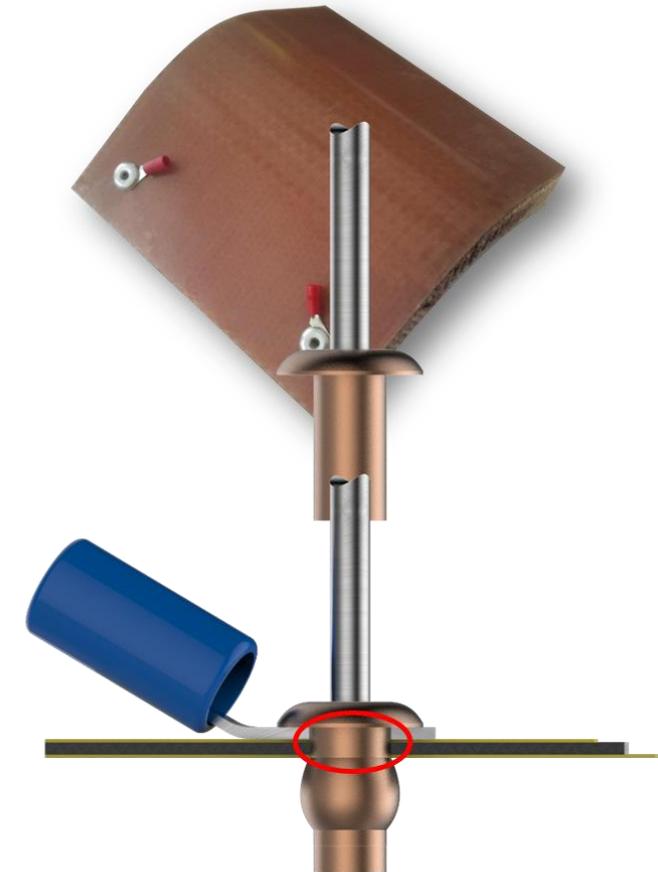
- Lagenaufbau zur Realisierung der elektrischen Leitfähigkeit:
  - zwei Lagen Kupfermesh direkt auf Sandwichkern
  - darüber Glasfasergewebe-Prepreg für Herstellung der Oberfläche
- Konsolidierung des Aufbaus in der Presse
  - Fertigung des Panels **direkt beim Hersteller unter seriennahen Bedingungen!**



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Galley eines Flugzeugs mit elektrisch leitfähigen Deckschichten

## Elektrische Kontaktierung mittels Nietkontaktierung

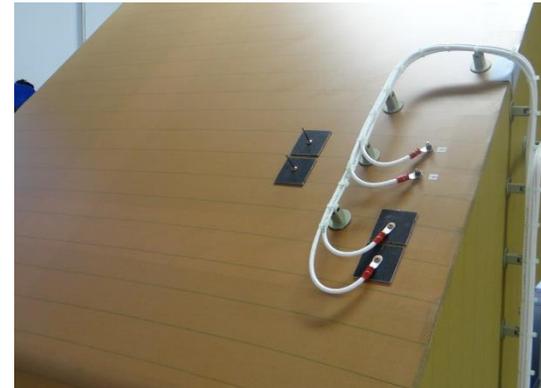
- Anbohren der Kontaktstelle
- Elektrische Kontaktierung mithilfe eines Kabelschuhs und eines Niets
- Deformation des Niets sorgt für Kontaktschluss mit Kupfermesh über radiale Flächenpressung
- Übergangswiderstände an Kontaktstelle deutlich kleiner als maximal zulässiger Widerstand



# Beispiel für erfolgreiche prototypische Umsetzung Galley eines Flugzeugs mit elektrisch leitfähigen Deckschichten

## Einsparpotential

- 30% geringeres Gewicht im Vergleich zur Rückwand der Referenz-Galley
- Das qualifizierte Erdungspanel ist als Halbzeug bei der Firma Schütz erhältlich
- Reduzierung der Teilevielfalt:
  - weniger Einzelteile
  - geringere Lagerkosten
- Weniger Montageaufwand (von 24h auf ca. 3-4h)
- Geringerer Planungsaufwand
- Nachrüstfähigkeit von neuen Geräten



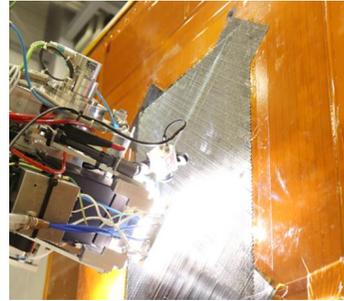
nachher



vorher



# Zusammenfassung



Potential in der Verarbeitung von Fäden/Bändern



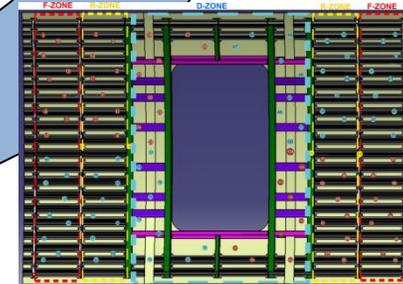
Potential in der Verarbeitung als textiles Halbzeug



Resistenz gegen hohe Temperaturen (180°C/380°C)



Anwendungsmöglichkeit integrierte Leiterbahnen



Anwendungsmöglichkeit Sensor für SHM



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

We gratefully thank the European Commission for funding the projects MAAXIMUS and SARISTU!  
Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung des Projekts  
Fawasis, Förderkennzeichen 19|17004F sowie des Projektes InGa, Förderkennzeichen 20K1103C!

