 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie



F/ LIST

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)



# LibBio

## Lightweight Bionic Aircraft Interior

Transnationales Projekt mit F&E-Partnern und Endanwender  
(Bombardier Aerospace) in Deutschland und Kanada

DI DDr. Jürgen M. Lackner  
JOANNEUM RESEARCH Forschungsges.m.b.H.  
Niklasdorf, Dezember 2021

Rembrandtin

**ANTEMO**  
*Anlagen & Teilefertigung*

**INOCON**

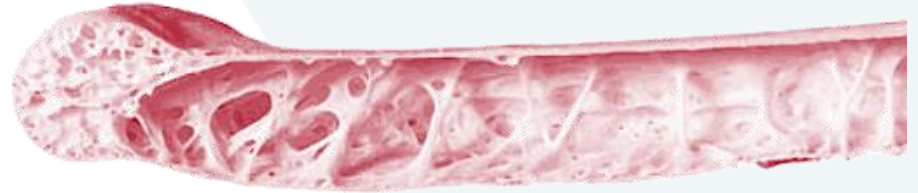
**AAC**  
aerospace & advanced composites

 SinusPro

**BOMBARDIER**

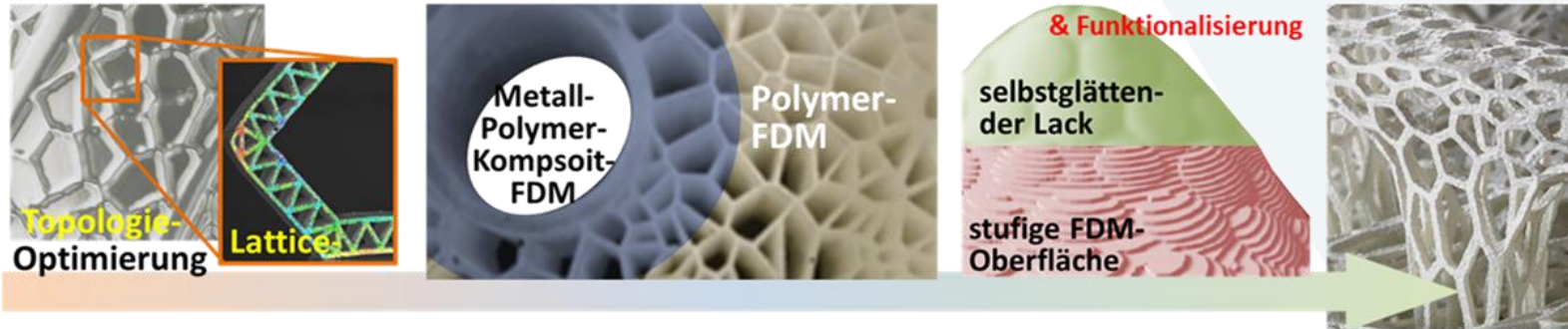
JOANNEUM  
RESEARCH 

## Ziel des Projekts



- „**passagierfreundliche Kabine**“  
Ästhetik, Komfort und Flugerlebnis für den Passagier  
Nachhaltigkeit (Ultra-Leichtbau) und Reinigungs-/Wartungsfreundlichkeit die Qualität der Kabinenausstattung für den Eigner/Betreiber
- **Paradigmenwechsel** die **Sichtbarmachung bionischer Strukturen** (Versteifungen und Verstrebenungen in Sandwich-Materialien) **als ästhetische Designelemente in hoch funktionalisierte Komponenten** als Basis für ökologische Entwicklung einer Kabinenausstattung
- Weiterentwicklung **generativer Fertigungsverfahren („3D-Druck“)** für Großbauteile mit belastungsgerechten, geometrisch-angepasste Versteifungen, z.B. basierend auf dem bionischen Vorbild der Vogelknochen-Struktur

## Technologie-Konzept



Technologie-Konzept für die nächste Generation von Aircabin-Komponenten (v.l.n.r):

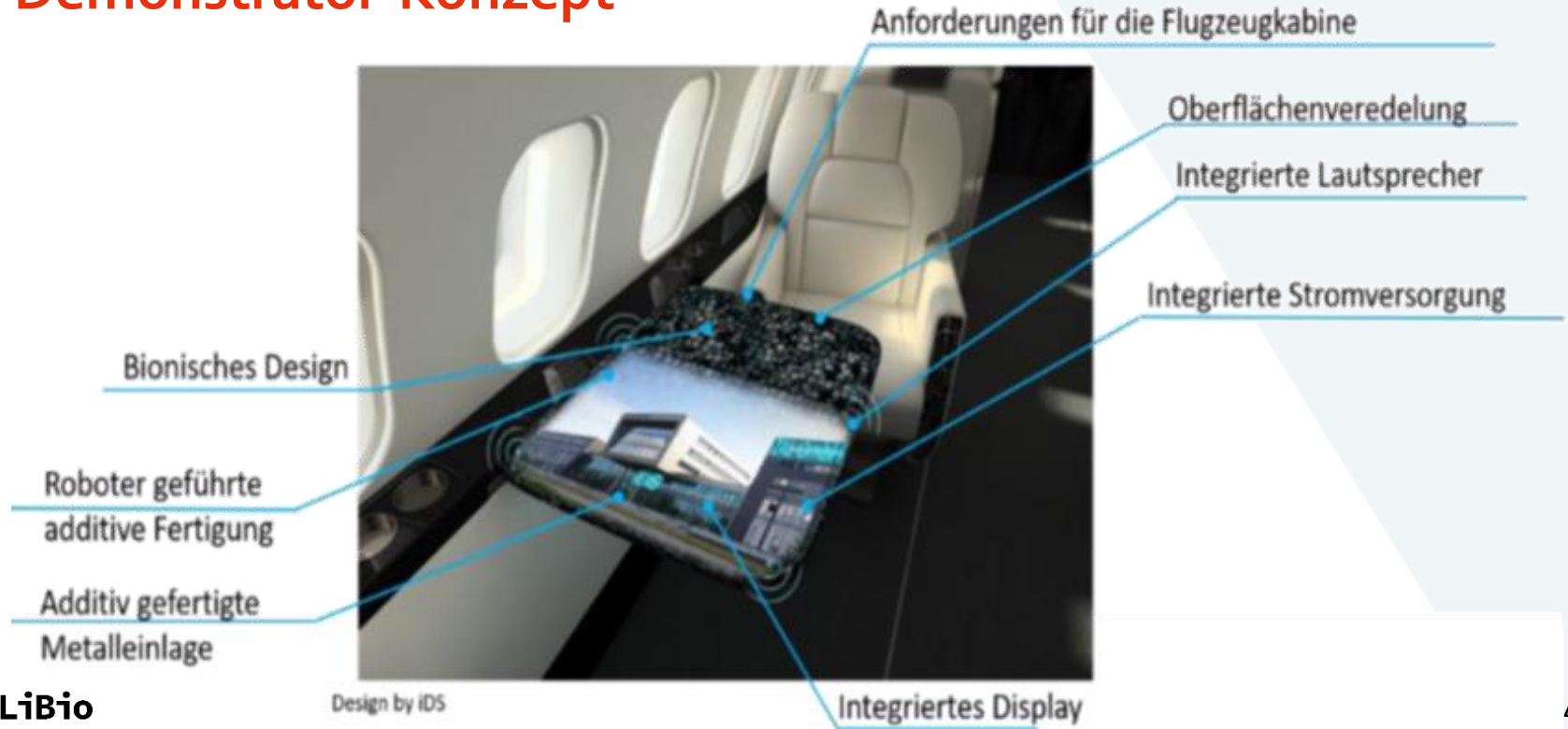
Topologie- & Lattice-  
 Optimierung / Simu-  
 lation bionischer  
 Polymer-Kontur- und  
 innerer Gitter-  
 Struktur ...

... mit Integration von entwickeltem FDM-  
 Multimaterial-3D-Druck von Metall-  
 Polymer-Komposit (Sandwich-Kern mit  
 Metallpartikel-Verstärkung für höherfeste  
 integrierte Inserts) und einseitiger  
 Applizierung von Deckplatten/Furnieren  
 (Rückseite), ...

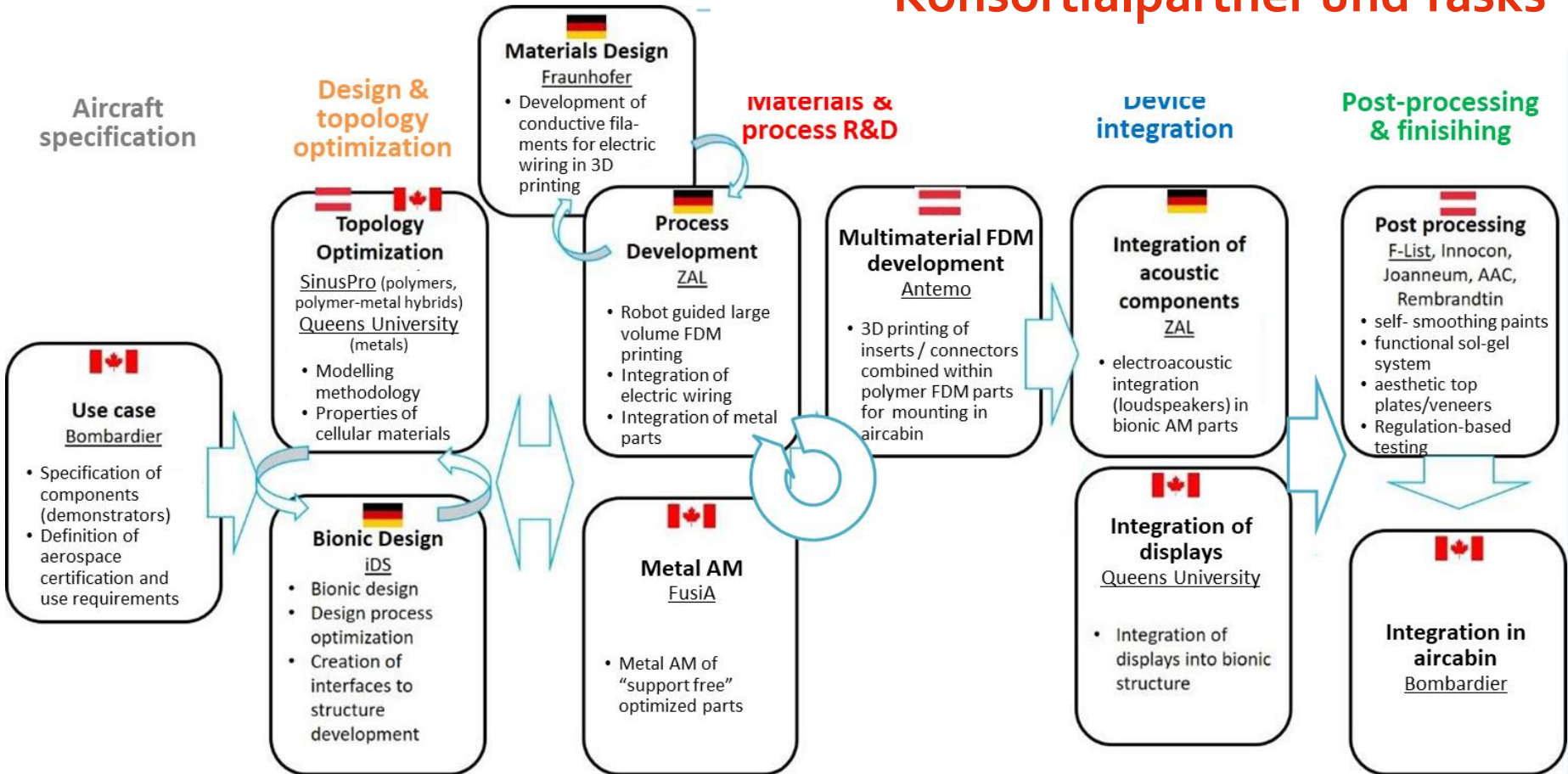
... Beschichtung  
 rauer Ober-  
 flächen mittels  
 funktionaler  
 Grund- und  
 Decklackierung  
 ...

... Integration in  
 funktionalisierte  
 bionische Ultra-  
 Leichtbau-  
 Demonstratoren

## Demonstrator-Konzept

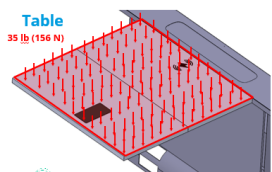
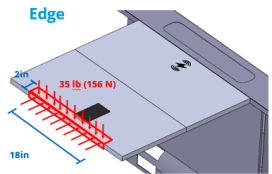
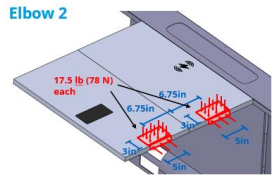
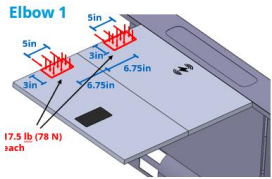


# Konsortialpartner und Tasks





# Bionische Optimierung des Demonstrators

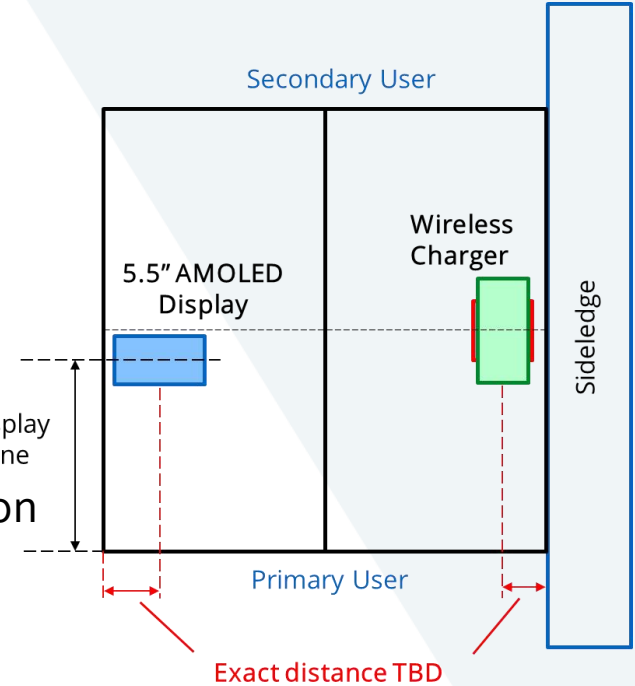


Loading Conditions

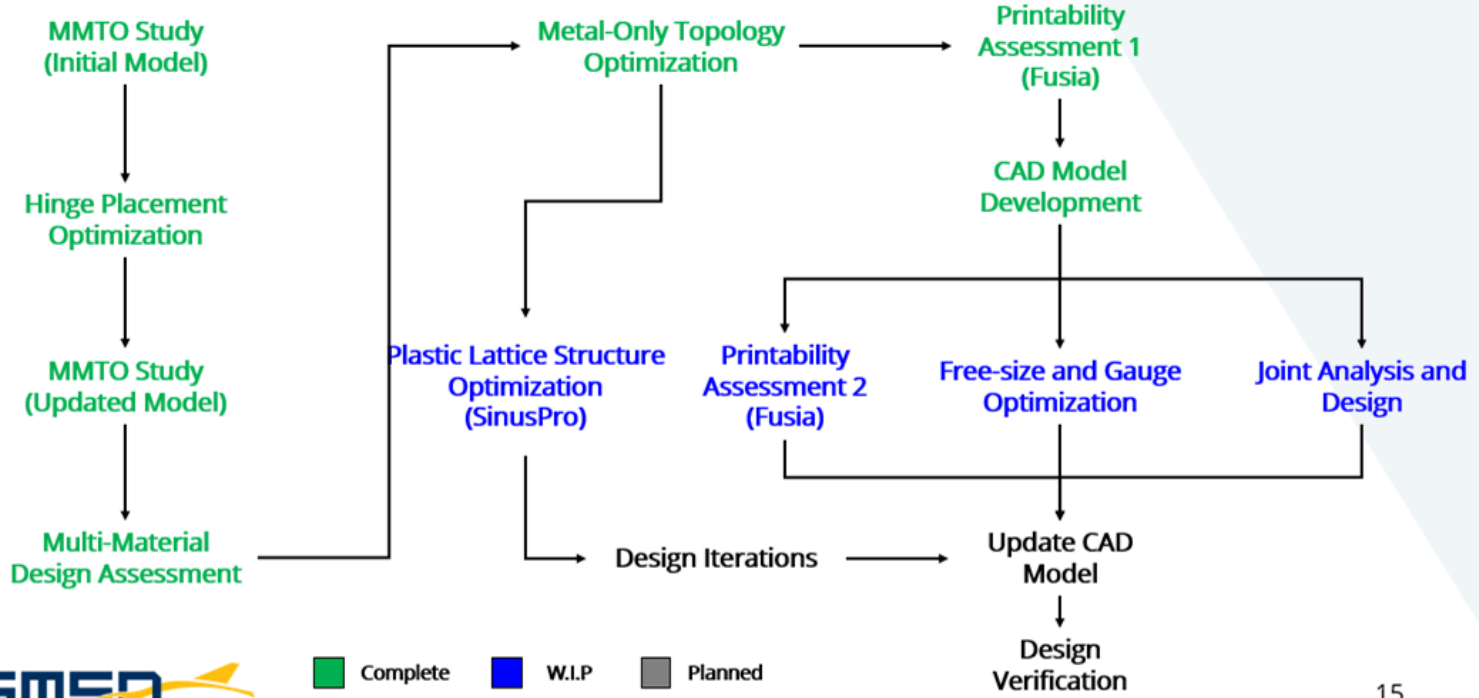


Device Functionalization

12" to display centerline

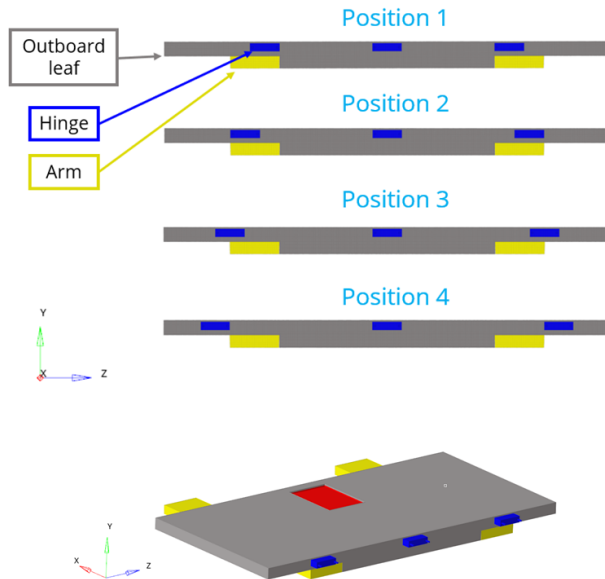


# Design Optimization Process

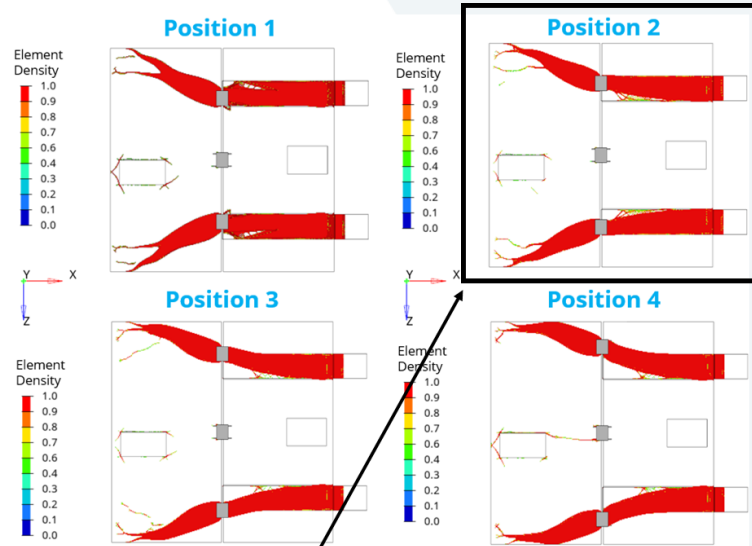


# Hinge placement optimization

## Candidate Hinge Locations



## Topology Optimization Results



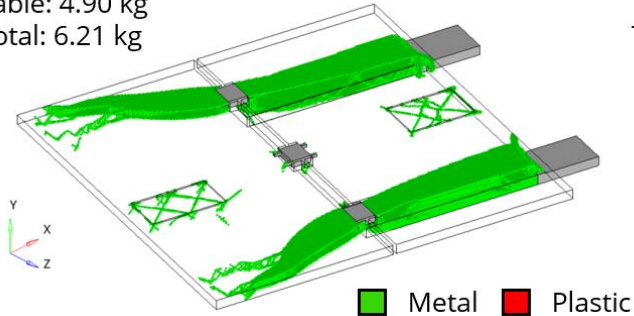
Hinge position 2 was selected  
based on optimization results



# Overall design consideration – Material choice: Metal vs. plastics

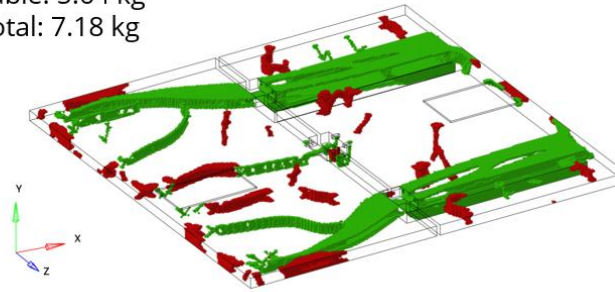
**Lightest Metal**

Table: 4.90 kg  
Total: 6.21 kg



**Lightest Multi-Material**

Table: 5.64 kg  
Total: 7.18 kg



- Multi-material designs:
  - Better stiffness for general loads
  - **15% heavier** vs metal only designs
  - Limited by poor stiffness-weight ratio of plastic
- Table mass is a major design constraint for the project
- It was concluded that plastic provided little benefits in terms of the major structural loads, therefore:
  - Plastic design should be focused on other design objectives / constraints
  - Plastic was ignored in subsequent optimizations

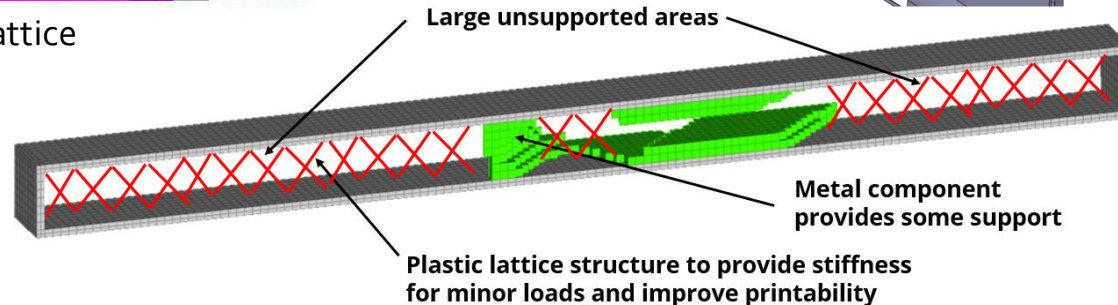
Optimization	Table Mass (kg)	Total Mass (kg)	TRD Displacement (mm)
<b>Limit (from BA)</b>	<b>3.99</b>	<b>N/A</b>	<b>5.08</b>
Lightest Aluminum Design	4.90 (+23%)	6.21	4.49 (-12%)
Lightest Aluminum & Plastic Design	5.64 (+41%)	7.18	4.27 (-16%)

## Design considerations - stiffness

- Plastic provides very little benefit in our optimization
  - A metal & plastic MMTO design is at best equal to a metal only design
  - A metal-only internal structure will better support the major loads
- There are other benefits to plastic within the table
  - Support minor loads and provide general stiffness
  - Improve printability of the outer plastic shell

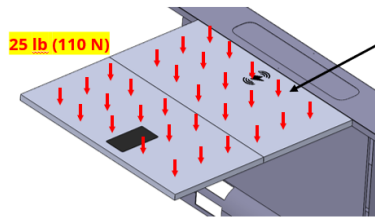


Deformation without plastic lattice






### Minor Loads

25 lb (110 N)



Each force applied in a separate load case

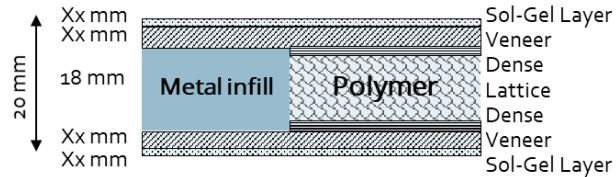
Goal is to reduce deflection (1-2 mm) of top surface for any random applied point load

-  Aluminum
-  Shell (plastic)
-  Plastic lattice

# Design Considerations - Manufacturability

## Option 1

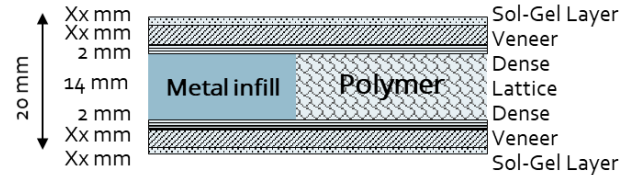
Metal structure is connected to polymer structure; the veneer is applied on metal and Polymer



- + No polymer cover layer on Metal; Weight!
- + Fast production
- Telegraphing effect on veneer
- Precise manufacturing of metal and polymer structure

## Option 2

Metal structure is connected and covered by polymer structure; the veneer is applied on Polymer layer



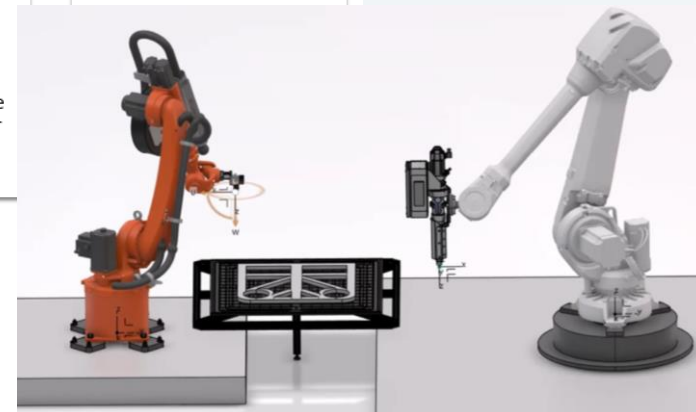
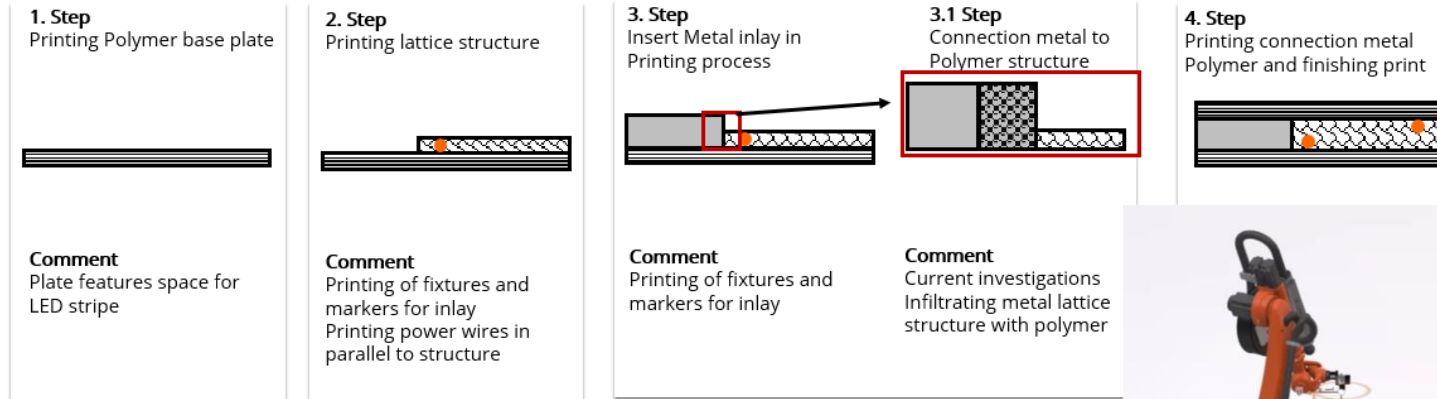
- + More polymer; Weight!
- + Better connection between metal and polymer
- + Protection of aluminum
- Easier for veneer

? Can polymer layer be thinner?

# Hybrid material – large-size FDM manufacturing of polymer with metal core

## Printing Process of the deomstrator

Current status on the manufacturing process of the demonstartor



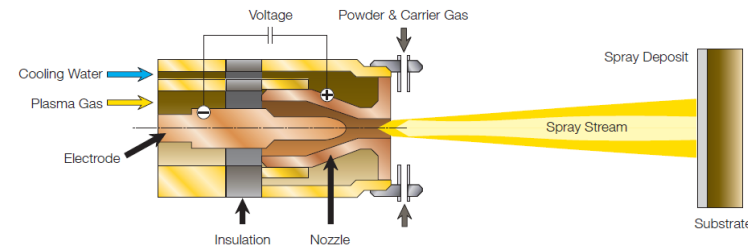
## Lackentwicklung für Holzfurnier auf Basis von Hybrid-Bindemitteln

- 1k Hybrid-Bindemittel, die die Vorteile von Sol-Gel-Chemie und PU-Chemie vereinen (organischer Backbone mit Methoxysiloxan-Gruppen endständig terminiert), formuliert für Flammschutz, Transparenz, Kratzfestigkeit und Flexibilität mit
  - Flammschutzmittel (Phosphorbasis)
  - Siliciumorganisches Additiv
  - Flexibilisator
- Vielfach formulierbar um den Anforderungen der Hochglanz Holzlackierung zu genügen:
  - Schnelle Durchlaufzeiten, überlackierbar, schleifbar
  - Flammhemmend
    - Erreichte Ziele:
      - Brandtest bestanden
      - Hohe Schichtdicke erreicht (0,8mm)
    - Entwicklungsziele
      - Verbesserung Glanz/Transparenz
      - Verbesserung Elastizität



## Decklack-Entwicklung von kratzfesten UV-Sol-Gel-Systemen

- Als kratzfest Deckschicht werden UV-härtende Sol-Gel Systeme eingesetzt.
- Zur Härtung wird eine Plasmaquelle des Projektpartners INOCON eingesetzt.
- Die Formulierung vereint ein konventionelles UV-härtendes Acrylatharz mit funktionellen Siloxanen, die auch an der radikalischen Polymerisation teilnehmen können. Dabei kommt es zur Ausbildung eines Hybrid-Netzwerkes.





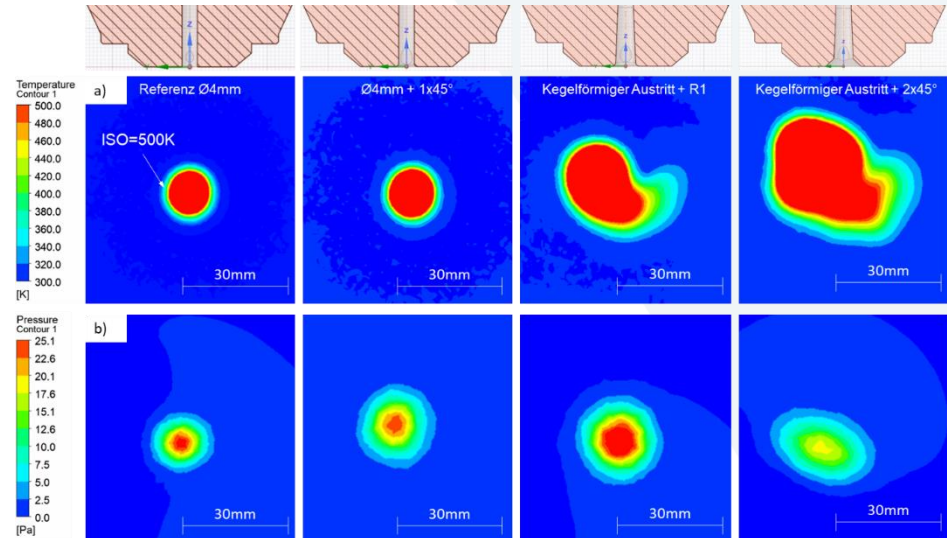
## Numerische Simulation des Plasmaaushärtung

- Abschätzung der Plasmawirkung auf das Sol-Gel System
  - Einstellung Offset, Steuerung Isothermen bzw. Spitzentemperaturen
  - Optimierung Prozessführung hinsichtlich kritischer Sol-Temperaturen
  - Optimierung Prozessführung hinsichtlich Druckgradienten → Verdrängung von flüssigem Sol bzw. Bildung von ungleichmäßigen Sol-Gel Oberflächen
- → **Untersuchung unterschiedlicher Austrittsgeometrien auf die Wirkung der Temperatur- und Druckverteilung am Substrat**

Wirkung der Plasmaaushärtung auf ein Stahlsubstrat:  
 $I=140A, \dot{v}=10l/min, a=40mm$



Variation des Austrittsdurchmessers

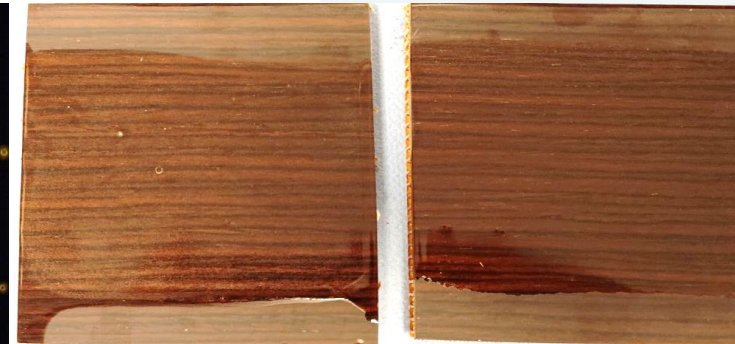
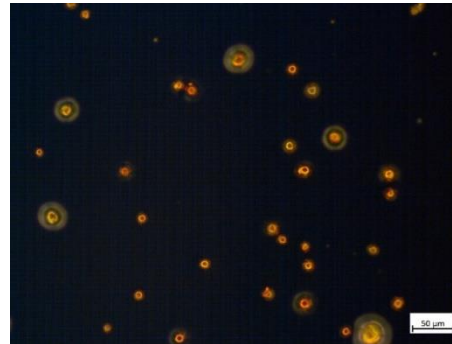


## Entwicklung von kratzfesten UV-Sol-Gel-Systemen

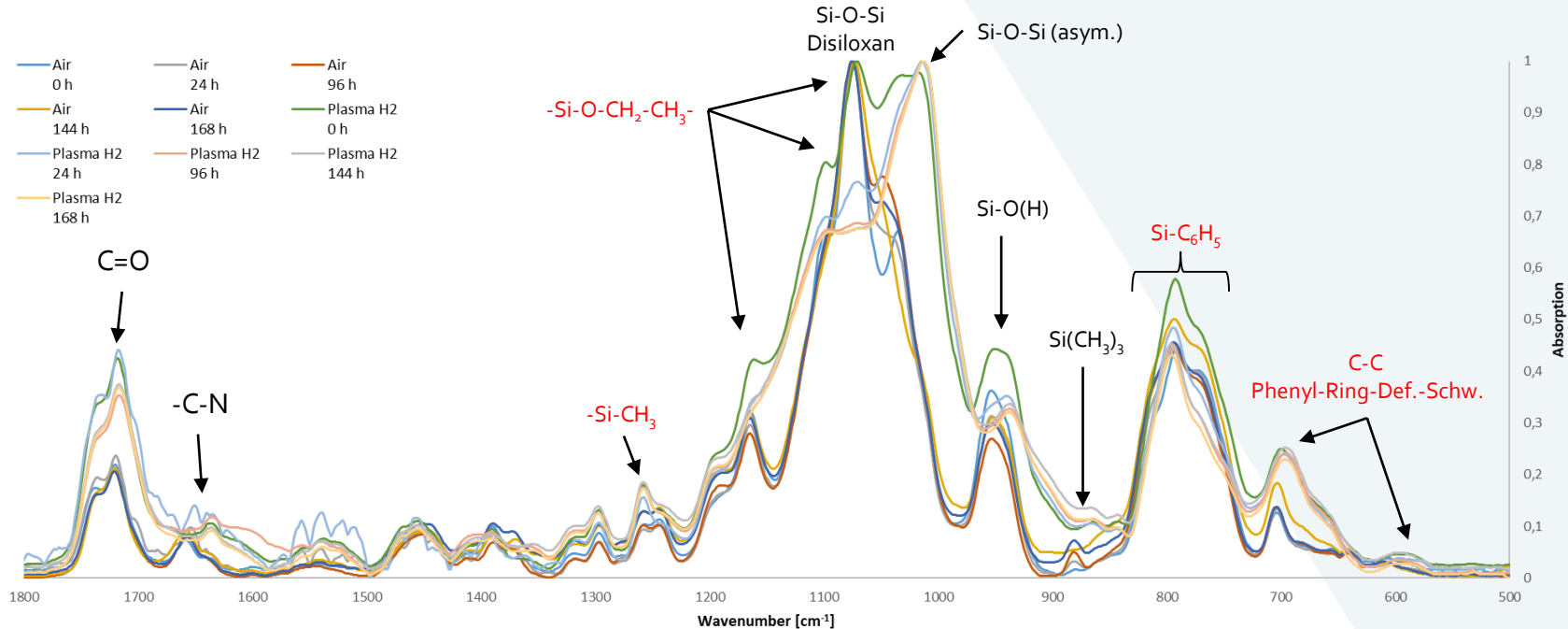
- Erreichte Ziele:
  - UV-härtendes Hybrid-Sol-Gel System
  - Guter Verlauf auf lackierten Furnieroberflächen
  - Hohe Ritzhärte von bis zu 10 N
  - Gute Transparenz



- Offene Ziele:
  - Antimikrobielle Eigenschaften (UV-Sol-Gele mit Kupfer-Partikel)
  - Easy-to-Clean-Eigenschaften



# Charakterisierung des Plasma-Aushärtevorgangs mittels FTIR



## Kontakte

- **JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft m.b.H., MATERIALS**  
Email: Juergen.lackner@joanneum.at
- **Bombardier Inc.**  
samantha.anderton@aero.bombardier
- **F. LIST GmbH**  
a.brandner@f-list.at
- **Rembrandtin Coatings GmbH**  
Christian.Breitwieser@rembrandtin.com
- **SinusPro GmbH**  
dominik.fleischhacker@sinuspro.at
- **INOCON Technologie Gesellschaft m.b.H**  
a.hinterer@inocon.at
- **ANTEMO Anlagen & Teilefertigung GmbH**  
m.brunner@antemo.com
- **Aerospace & Advanced Composites GmbH**  
Hannes.Steiner@aac-research.at