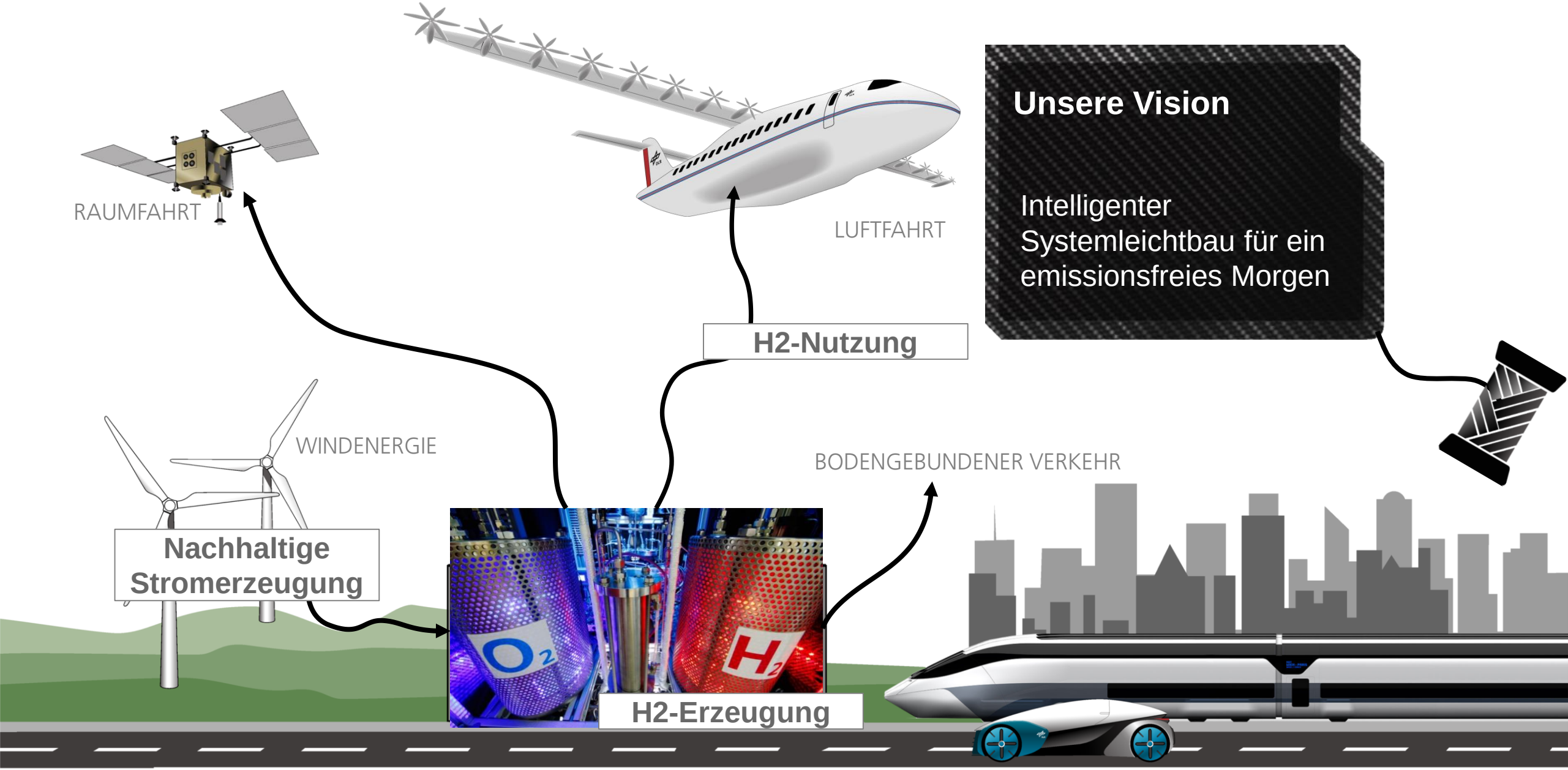
H2 – Energieträger der Zukunft: Transportieren, speichern, verteilen – Faserverbund macht's möglich

Philipp Hilmer, Caroline Lüders

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Lilienthalplatz 7 | 38108 Braunschweig

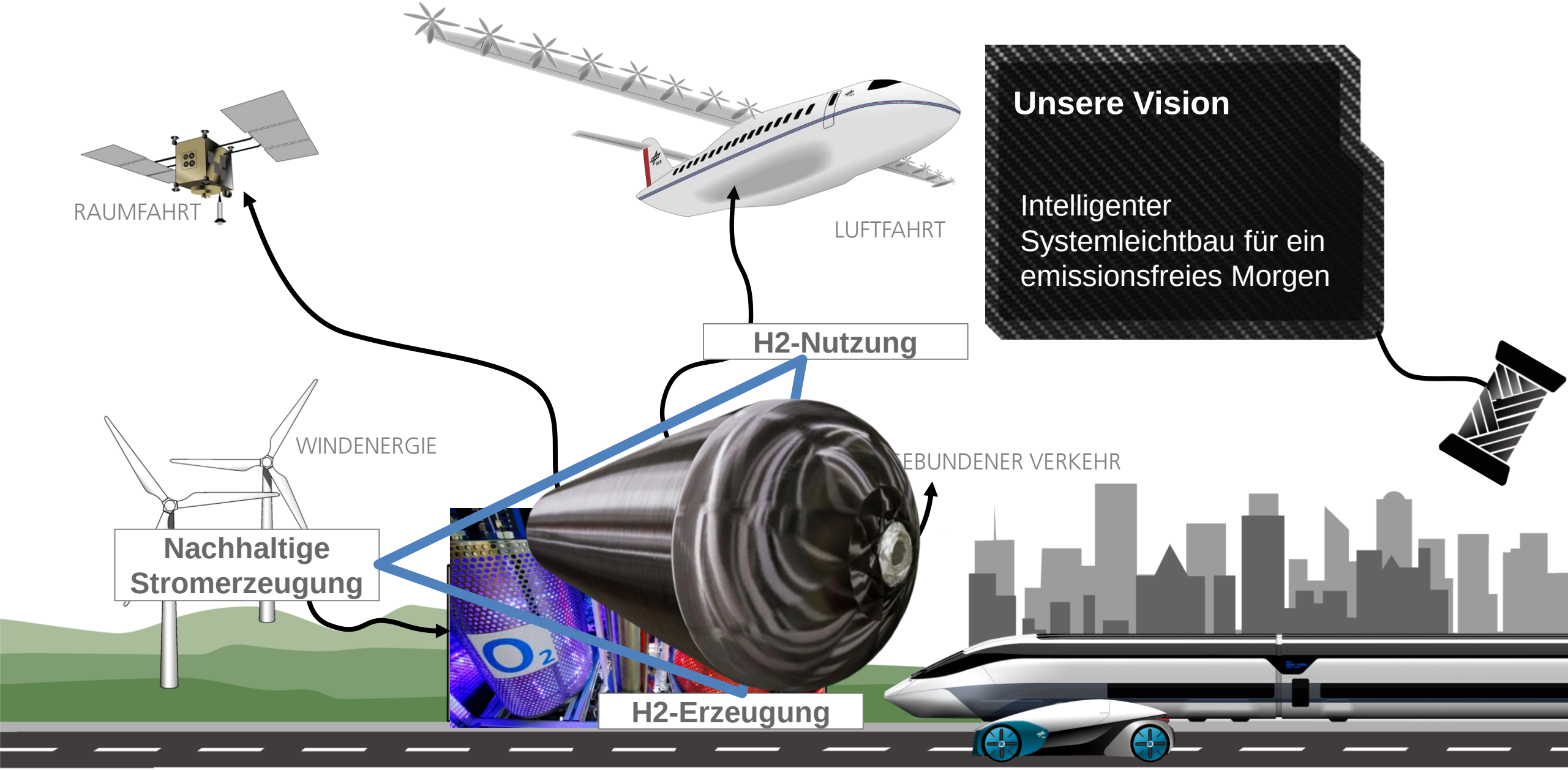
www.DLR.de/FA
https://leichtbau.dlr.de



Unsere Vision

Intelligenter Systemleichtbau für ein emissionsfreies Morgen

DLR



Unsere Vision

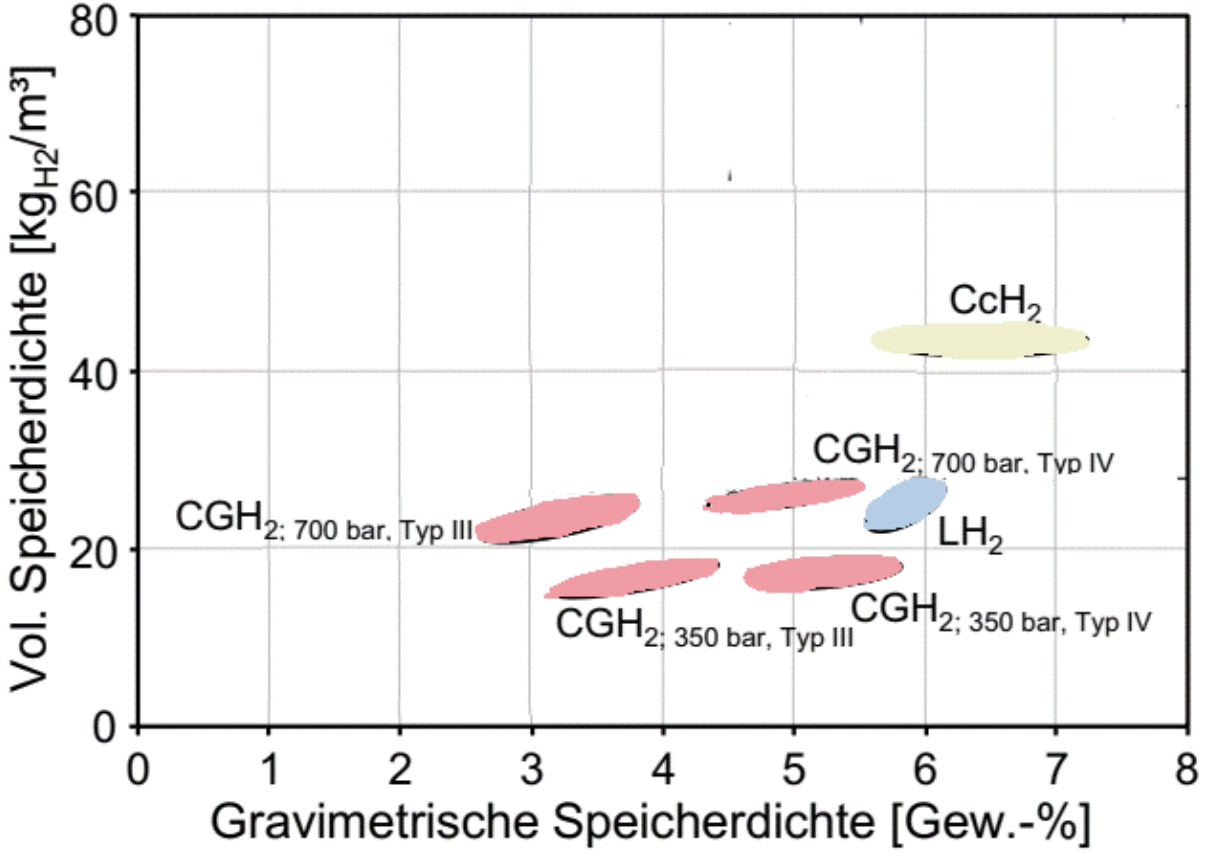
Intelligenter Systemleichtbau für ein emissionsfreies Morgen

DLR

Speicherkonzepte in Reinform

Hochdruckspeicher CGH2

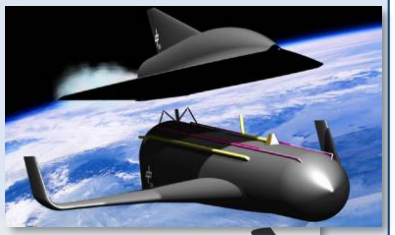
Hoher Wirkungsgrad
Keine Boil-Off-Verluste

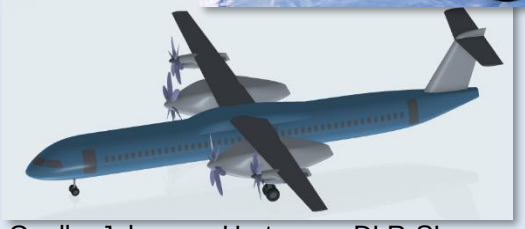


Quelle: Rosen 2018, modifiziert

Flüssigspeicher LH2

Hohe Speicherdichte
Geringes Systemgewicht





Quelle: Johannes Hartmann, DLR-SL

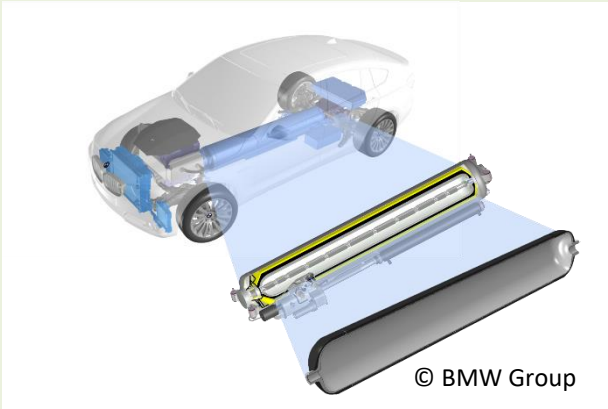
Speicherkonzepte in Reinform

Hochdruckspeicher CGH2

Hoher Wirkungsgrad
Keine Boil-Off-Verluste

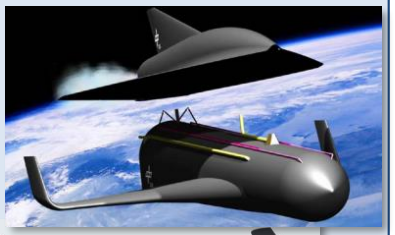
Kryo-Druckspeicher CcH2

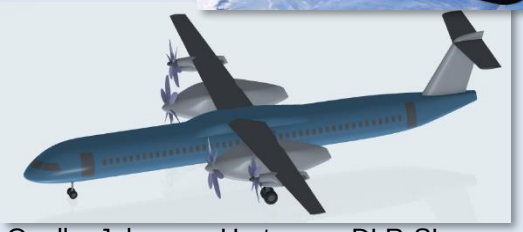
Geringere Anforderungen bzgl.
Innendruck und Isolation
Bauraum



Flüssigspeicher LH2

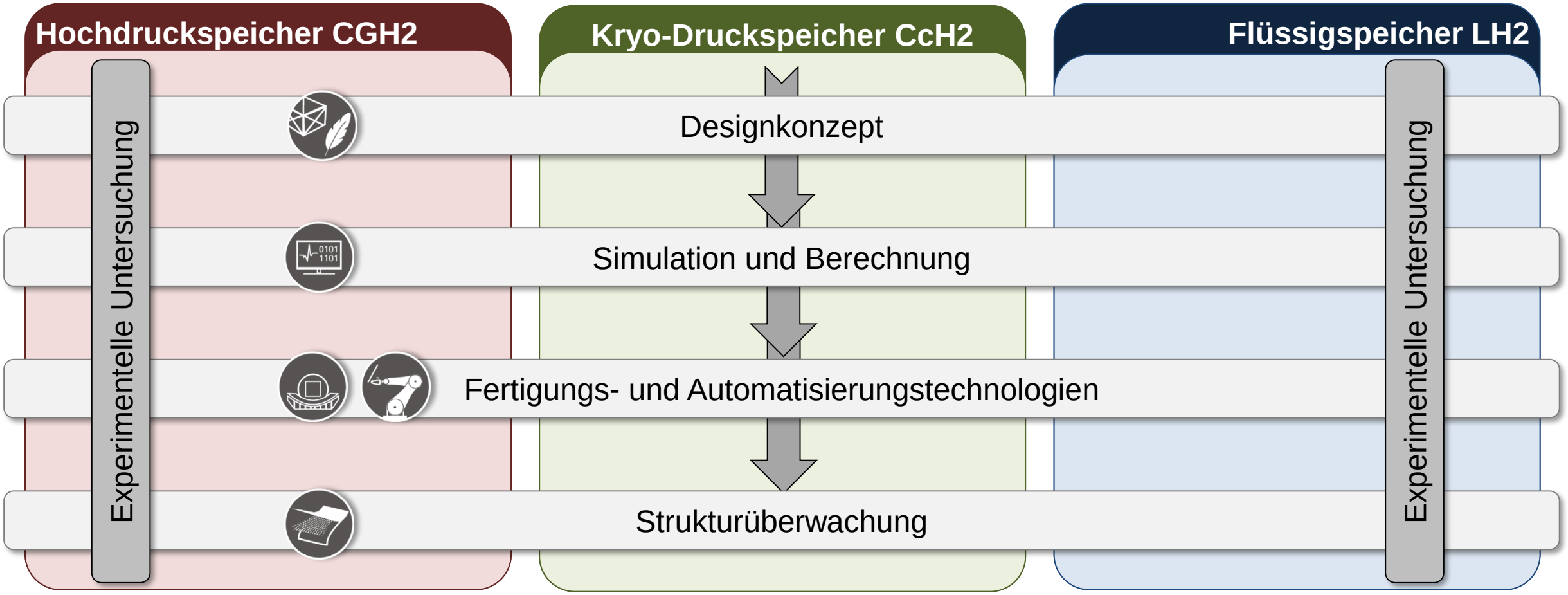
Hohe Speicherdichte
Geringes Systemgewicht



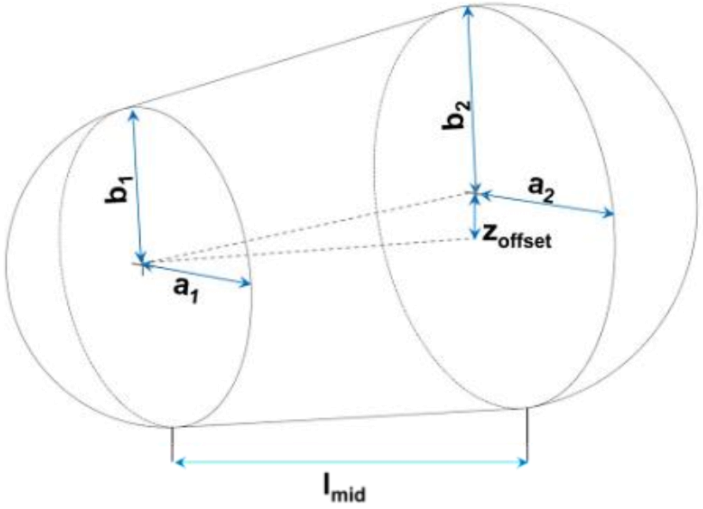


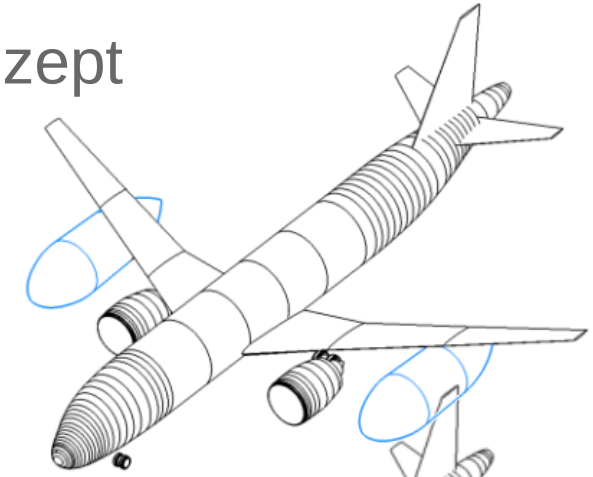
Quelle: Johannes Hartmann, DLR-SL

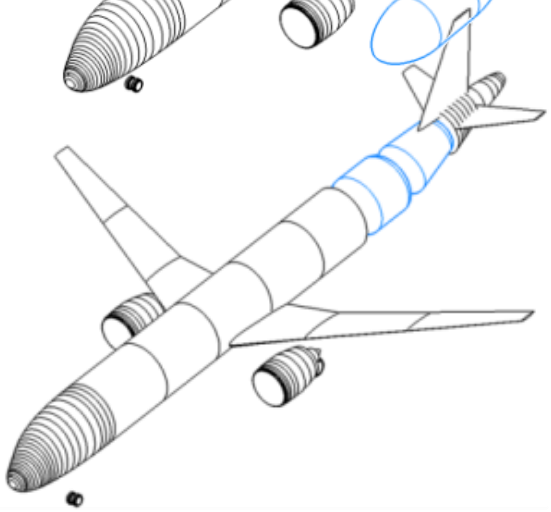
Entwicklungsprozess

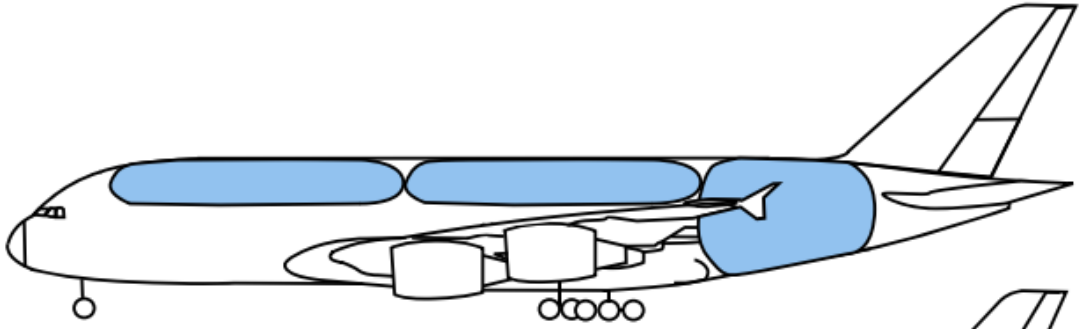


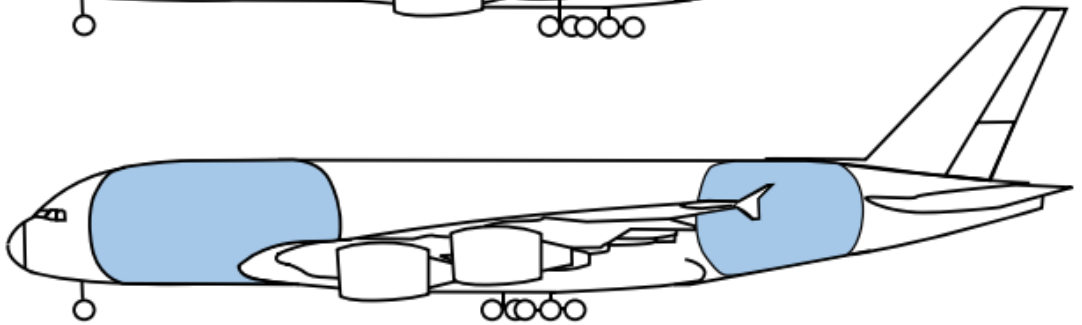
Designkonzept
Integration & Gesamtkonzept

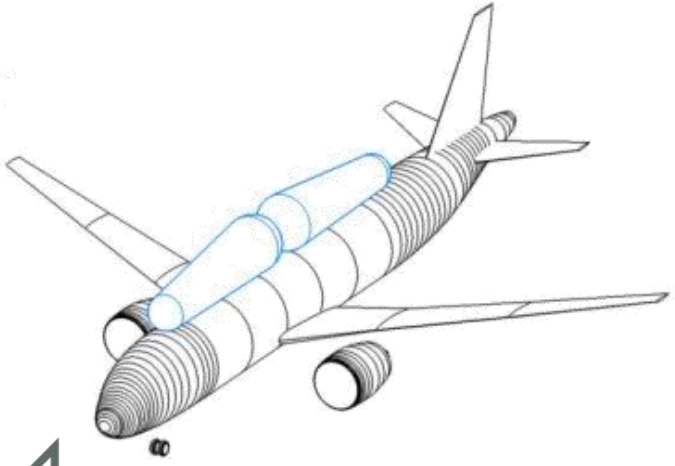








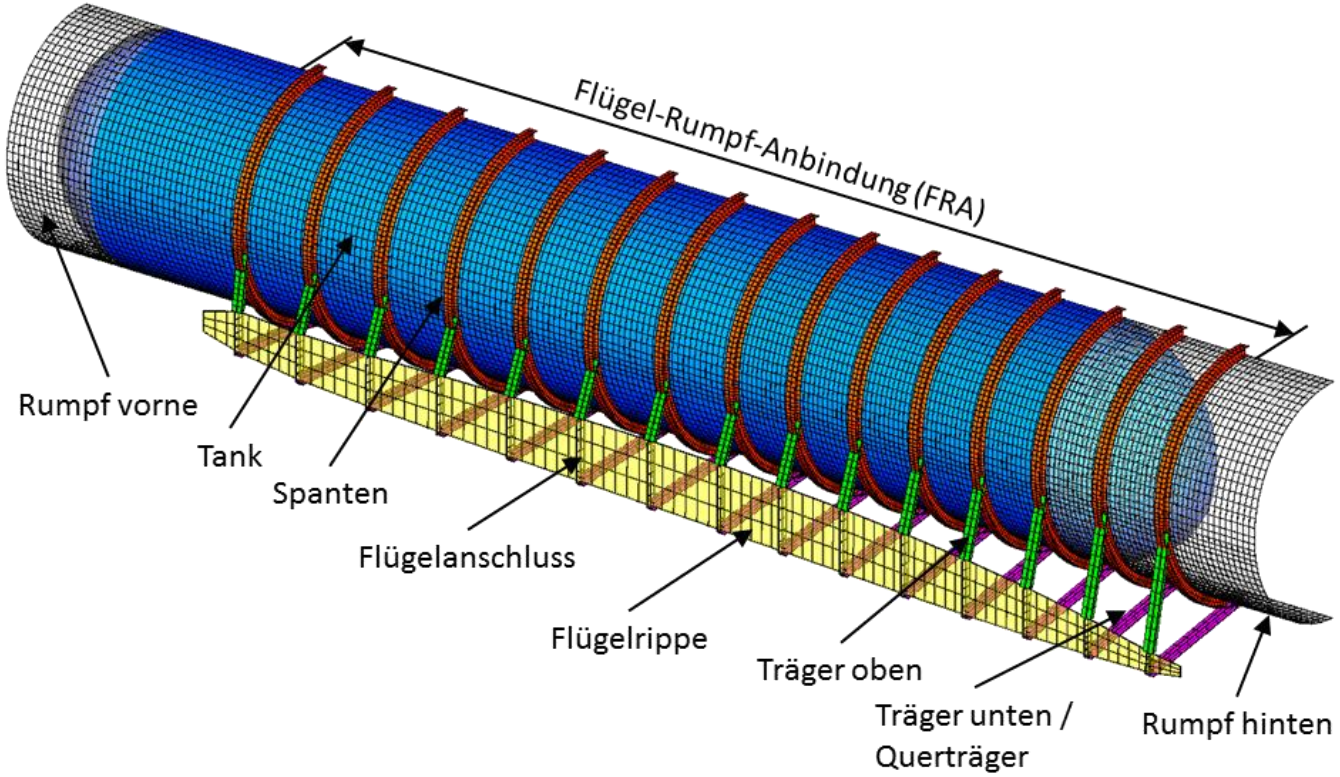




[1] D. Verstraete, On the energy efficiency of hydrogen-fuelled transport aircraft, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 40, Issue 23, 2015
[2] Silberhorn et. al. , Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2019

Designkonzept
Anbindung, Verbindung und Isolation

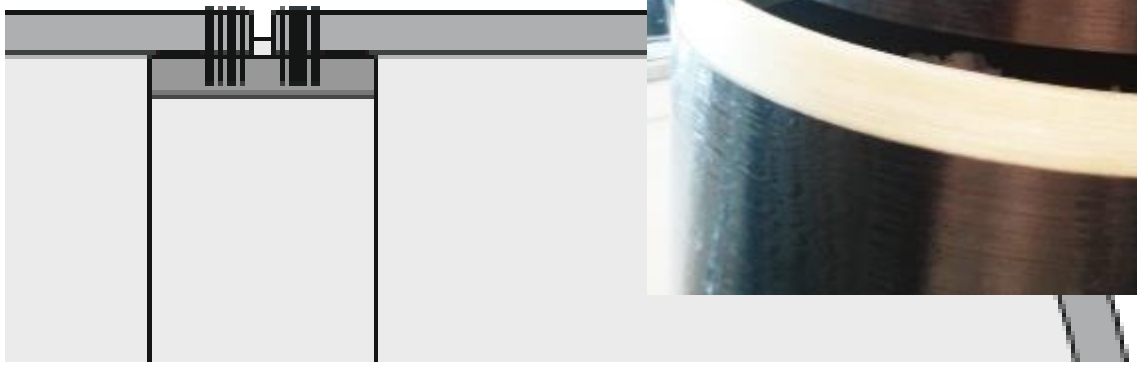
- Anbindung kryogener Behälter an „warme“ Strukturen



Designkonzept
Anbindung, Verbindung und Isolation

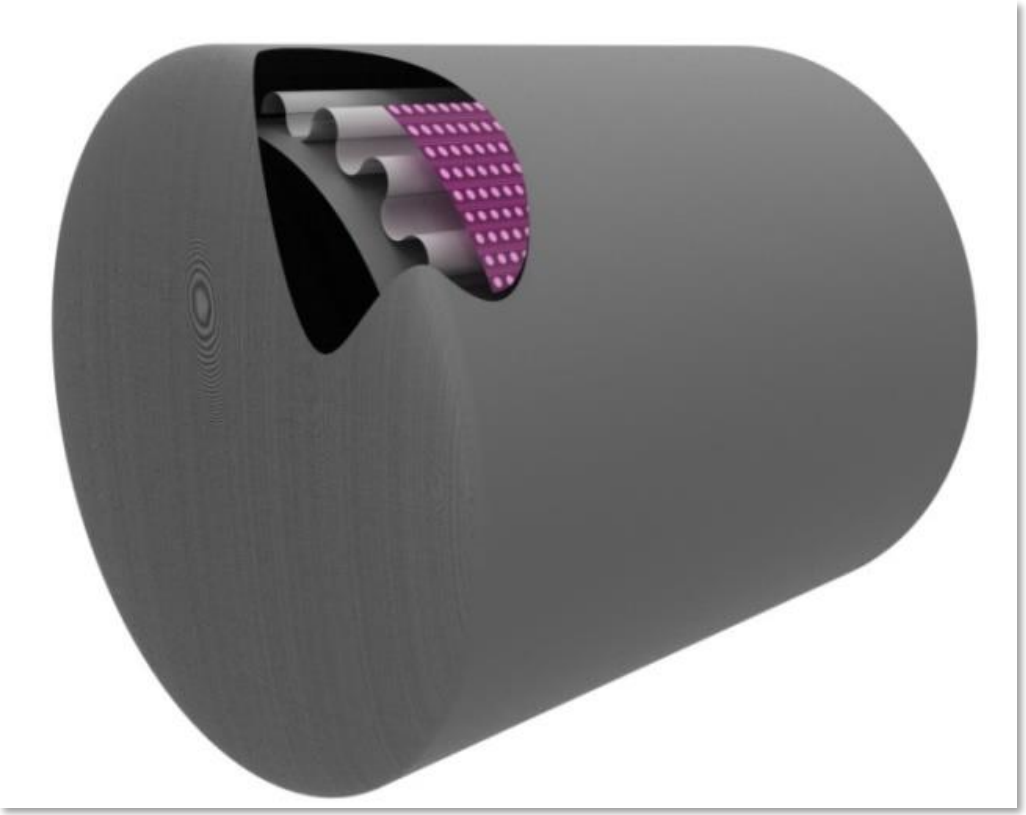
- Anbindung kryogener Behälter an „warme“ Strukturen

- Verbindungskonzepte nicht integral gefertigter Behälter



Designkonzept
Anbindung, Verbindung und Isolation

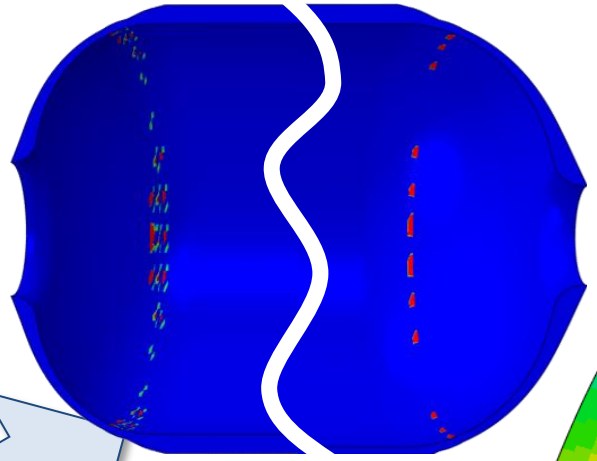
- Anbindung kryogener Behälter an „warme“ Strukturen
- Verbindungskonzepte nicht integral gefertigter Behälter
- Isolation und Boil-Off-Management

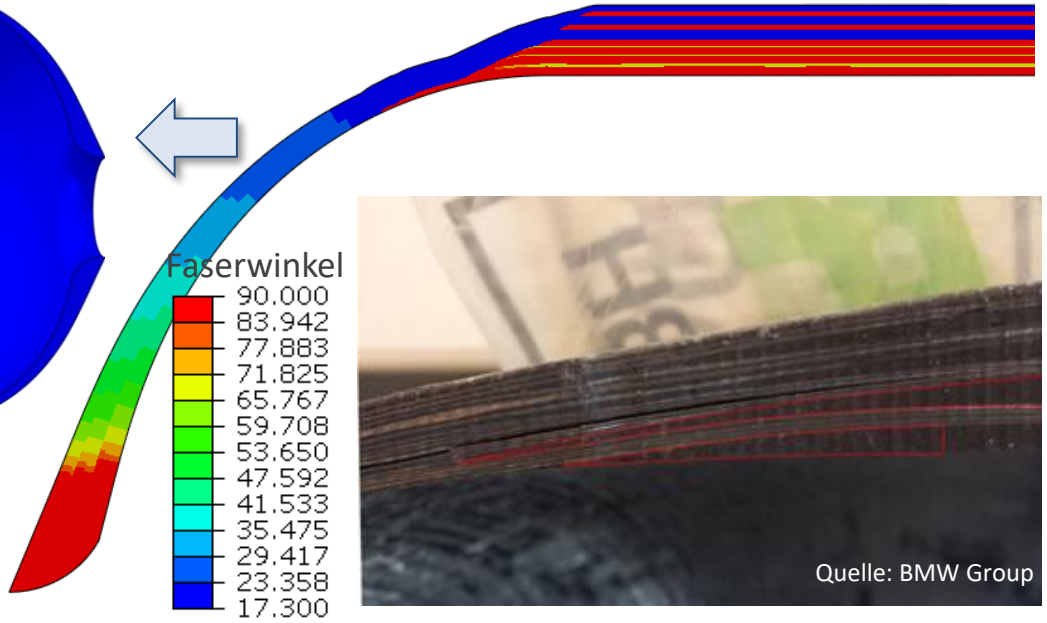


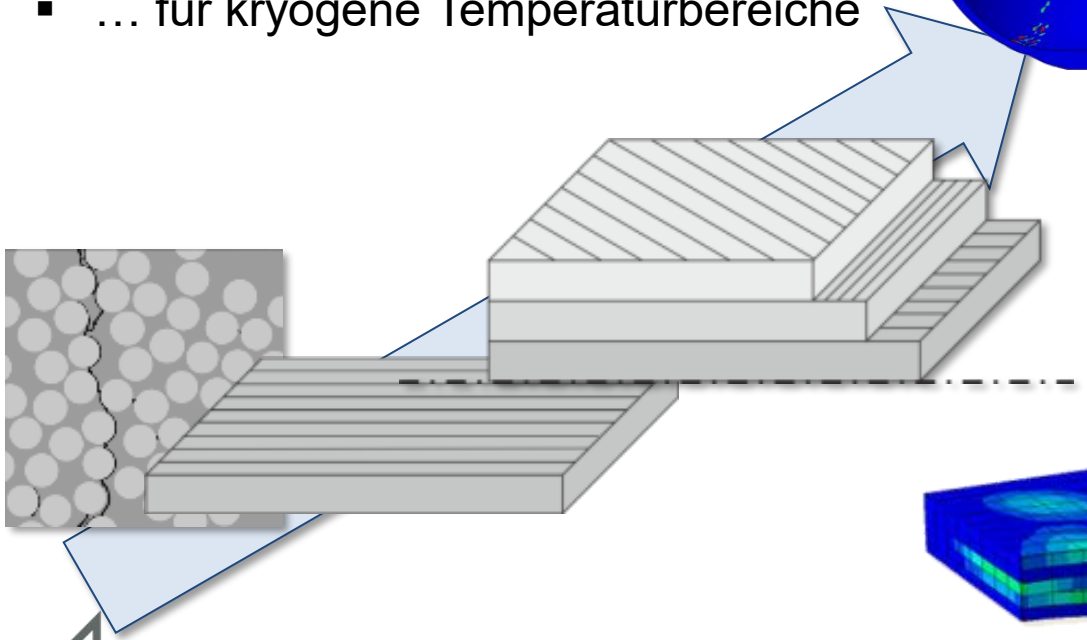
Simulation und Berechnung
Festigkeits- Lebensdaueranalyse

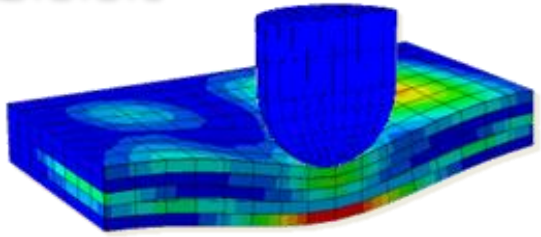
Materialmodelle für Festigkeits- und Ermüdungsberechnung …

- … von Mikro- bis Makroebene
- … für mechanische, thermische und thermo-mechanische Lasten
- … für kryogene Temperaturbereiche









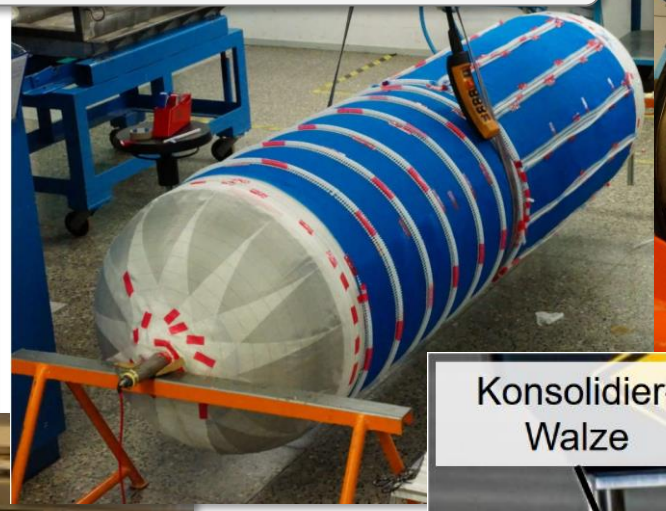
Interaktion im Entwicklungsprozess

- Festigkeit und Lebensdauer As-Built-Zustand
- Festigkeit und Lebensdauer nach Schaden im Betrieb

Fertigungs- und Automatisierungstechnologien

Aushärten im Autoclave

Radialinfusion

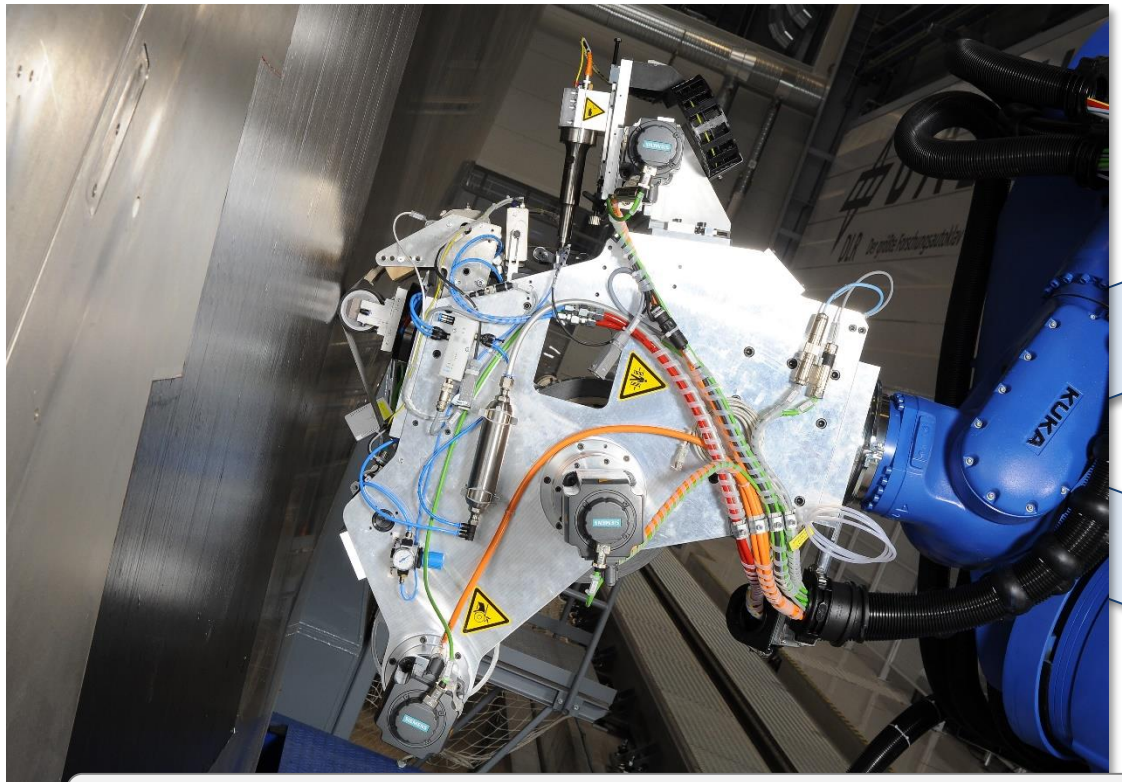


Endlosablage mit Fadenvorspannung

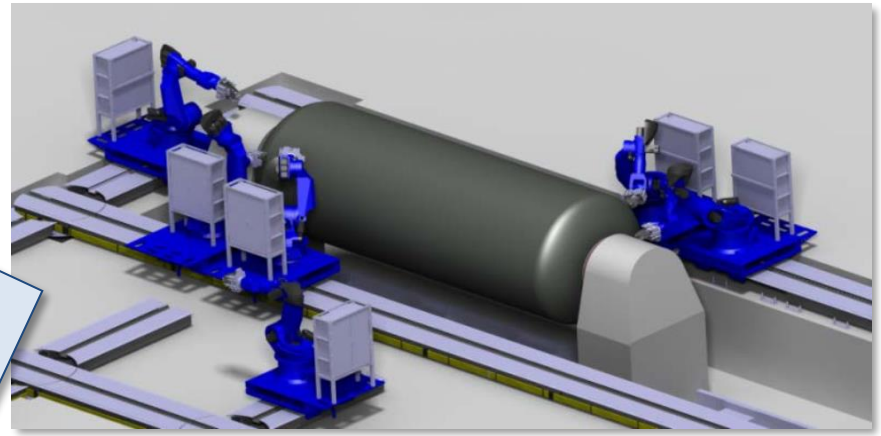
FlexiLiner-Konzept

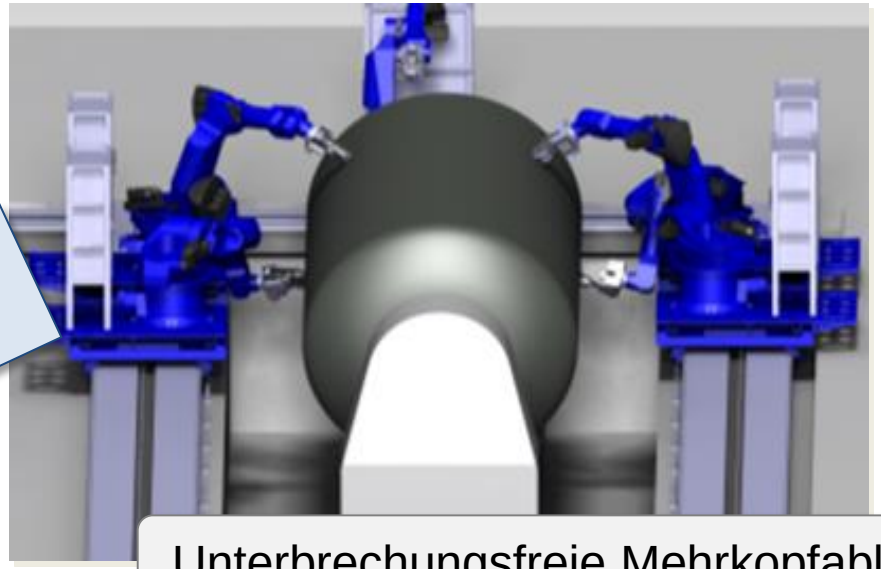
CoRe-HeaT (Thermoplaste)

Fertigungs- und Automatisierungstechnologien



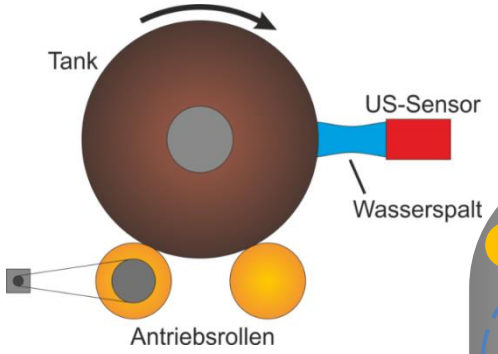
Automatisierte Faserablage

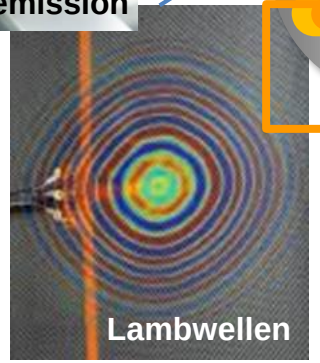


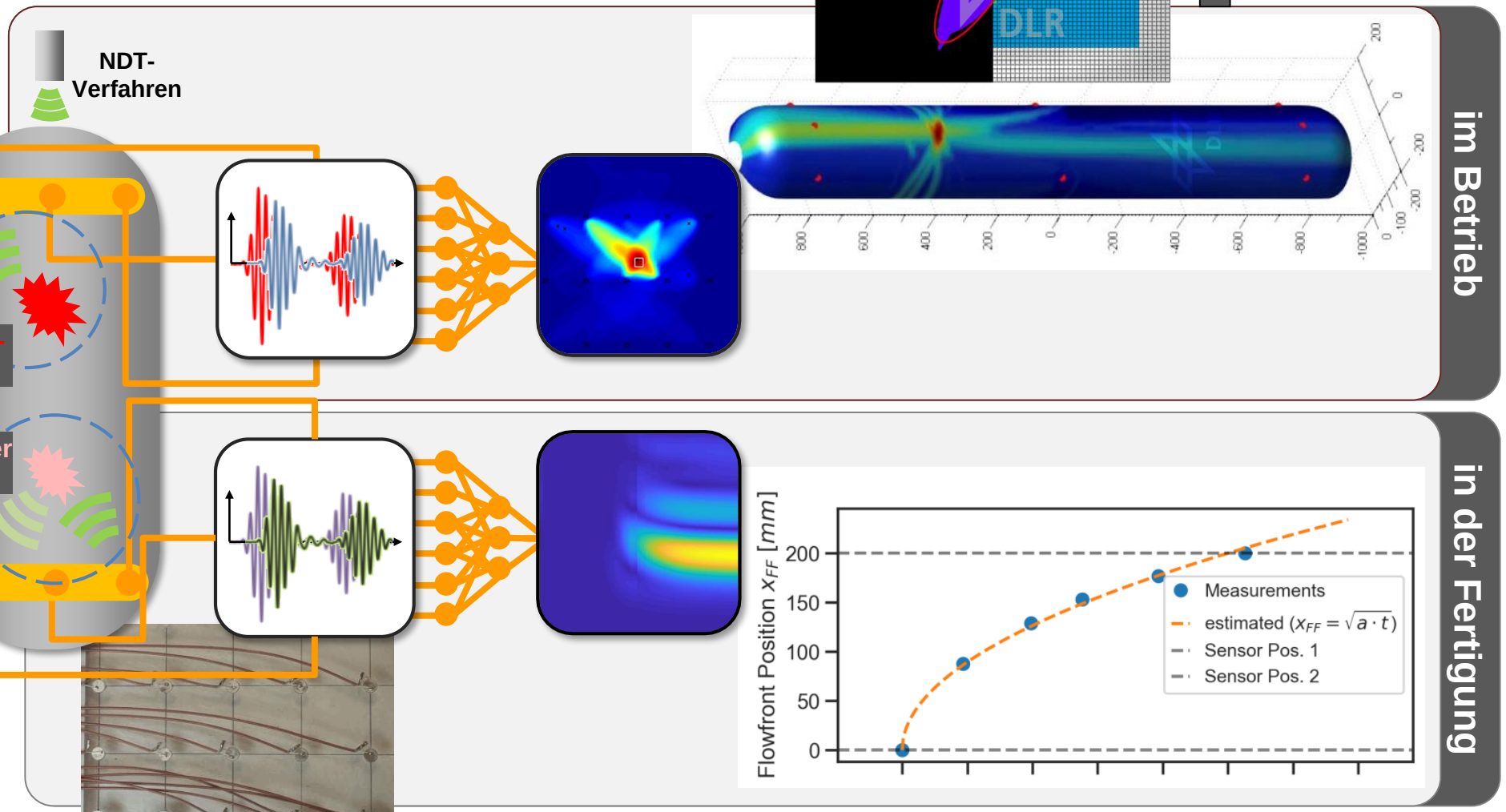


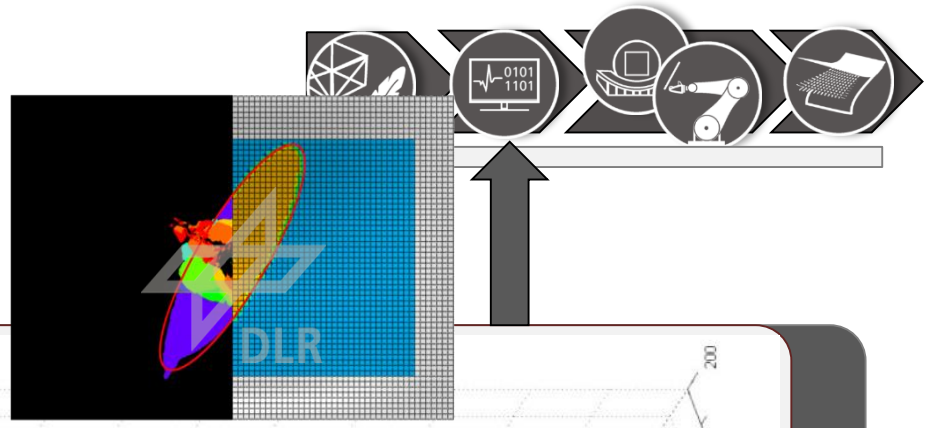
Unterbrechungsfreie Mehrkopfablage

Strukturüberwachung







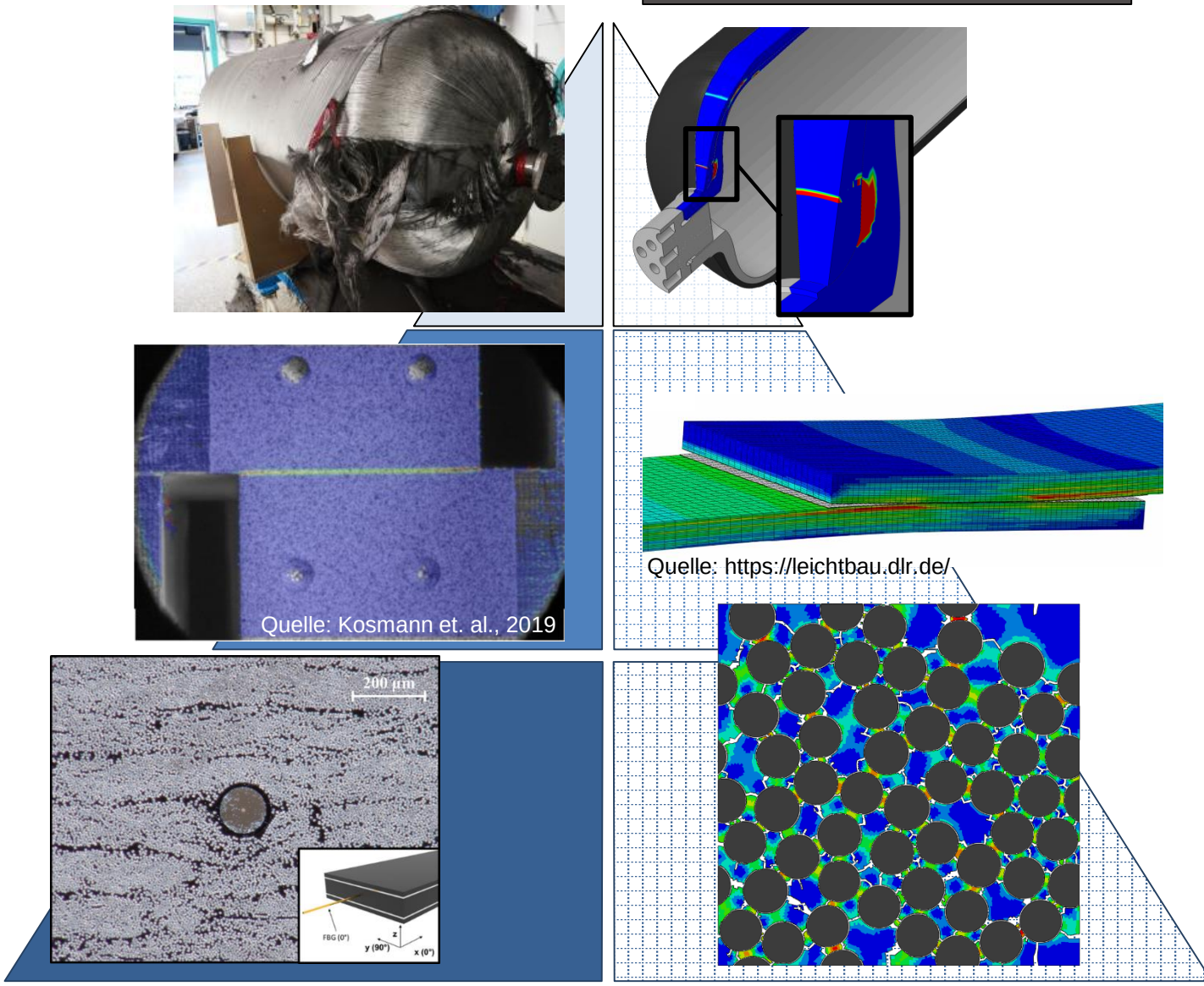


Experimentelle Untersuchung

- Versuch begleitet die Entwicklungskette auf allen Ebenen

→Design repräsentativer Coupons

→Repräsentatives Test-Setup (Temperatur, Temperaturgradient, Druck)



Experimentelle Untersuchung

Kooperation mit Institut für Raumfahrtsysteme

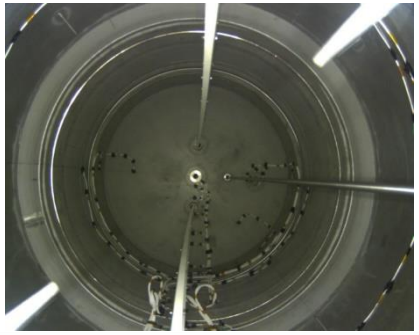
Forschungsschwerpunkt: Kryogenes Treibstoffmanagement

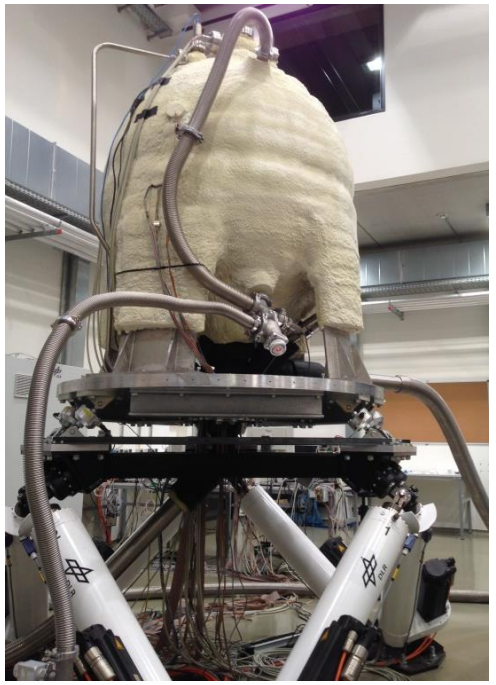
Flüssigwasserstoff-Phänomene

- Schichtung & Schwappen
- Phasenwechsel
- Wärme- und Stoffübertragung

Wasserstofftechnologien

- Tanks und Komponenten
- Langfristige Speicherung
- Wasserstofftransfer
- Isolierung
- Material (Metall, Verbundwerkstoff)





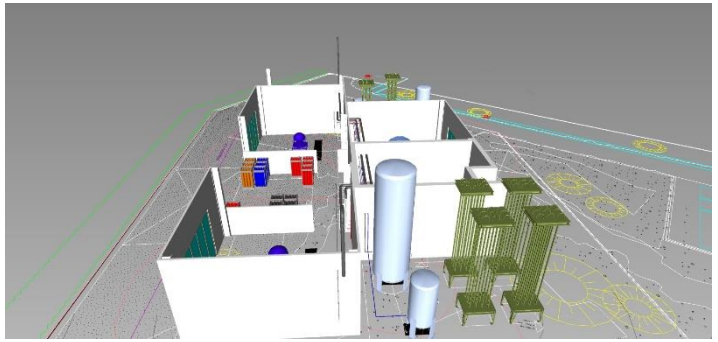
Experimentelle Untersuchung
Kooperation mit Institut für Raumfahrtsysteme

Kryo-Labor mit Wasserstoff-Infrastruktur

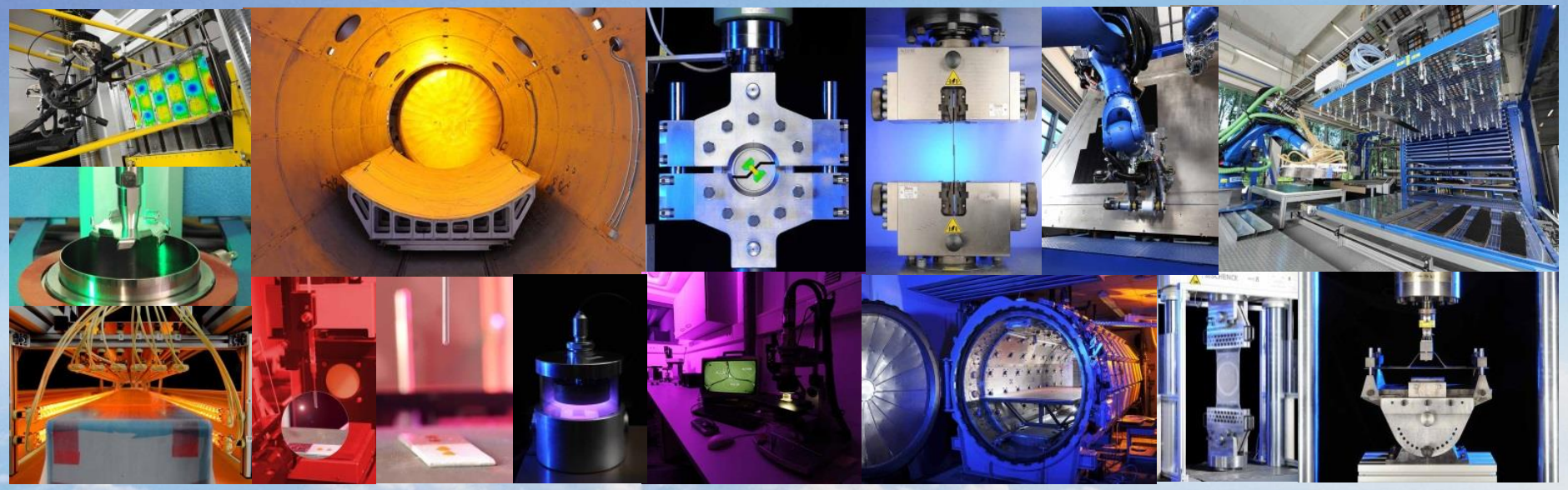
- Explosionsgeschütztes Labor für Wasserstofftests bis zu 1 m³ LH2
- Schwapp- und Drehtisch für 6D-Simulation
- Thermal-Vakuum-Kammer
- Permeationsprüfstand für Wasserstoff
- Isolationsprüfstand für thermische Simulation

Erweiterungen

- Prüfstand mit mobiler LH2-Versorgung in Trauen für Großversuche
- Materialprüfstand für Proben unter Wasserstoffbedingungen
- Große Thermal-Vakuum-Kammer



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Philipp Hilmer
philipp.hilmer@dlr.de

Caroline Lüders
caroline.lueders@dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Lilienthalplatz 7 | 38108 Braunschweig

www.DLR.de/FA und https://leichtbau.dlr.de

DLR