

# Klebeverbindungen der Primärstruktur innerhalb des HAP-Projektes

Dr. Steffen Niemann, Thomas Gesell, Sarah Froese, Martin Schollerer,  
Michael Hanke, Jörg Nickel, Andreas Bärschneider

Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

DLRK-Onlinekonferenz  
02.09.2021



Wissen für Morgen



# DLR's High Altitude Platform (HAP)

## Querschnittsthema Globale Konnektivität

### Motivation

- Kontinuierliche Beobachtung durch permanente Positionierung, kein „Orbiting“
- Geringere Höhe, höhere Auflösung, geringere Kommunikationsverzögerungen
- Geringerer Startaufwand, kein Weltraummüll
- Möglichkeit der Landung und Aufrüstung

### Herausforderungen

- Extreme Leichtbauweise
- Äußerst energieeffizienter Flug
- Extreme Temp. (bis zu  $-85^{\circ}\text{C}$ ), kosmische Strahlung
- Kontrolle von flexiblen Strukturen
- Zuverlässigkeit für lange Lebensdauer
- Geringe Nutzlastmasse

### Internes DLR Projekt:

- 18 beteiligte Institute
- Entwicklung von Plattform/Flugzeug, Betrieb und Nutzlasten
- Laufzeit: 5 Jahre ab 2018; Budget: 30 Mio. EUR

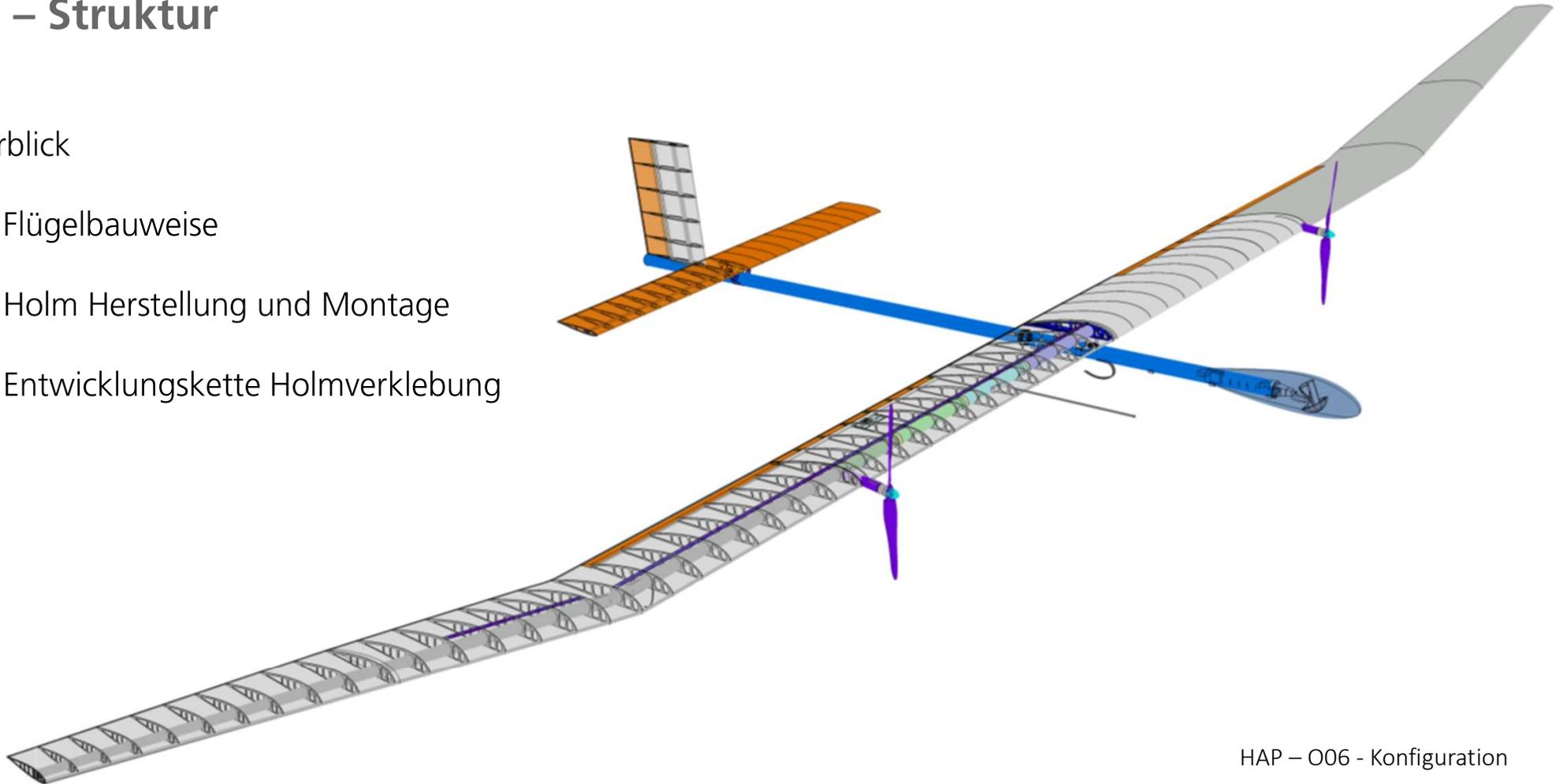
### HAP-Daten:

- Betrieb: Höhe 15-25km; Einsatz mehrere Wochen;
- ca. 30m Spannweite; 135kg Gesamtmasse
- bis zu 5kg Nutzlast



# HAP – Struktur

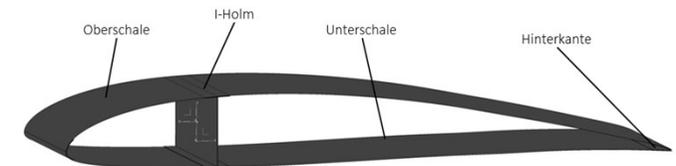
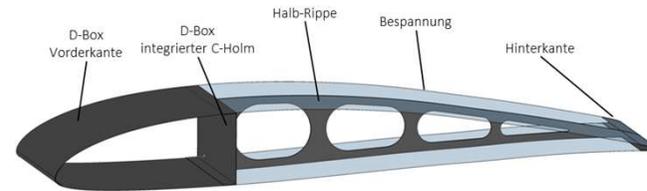
- Überblick
  - Flügelbauweise
  - Holm Herstellung und Montage
  - Entwicklungskette Holmverklebung



HAP – 006 - Konfiguration

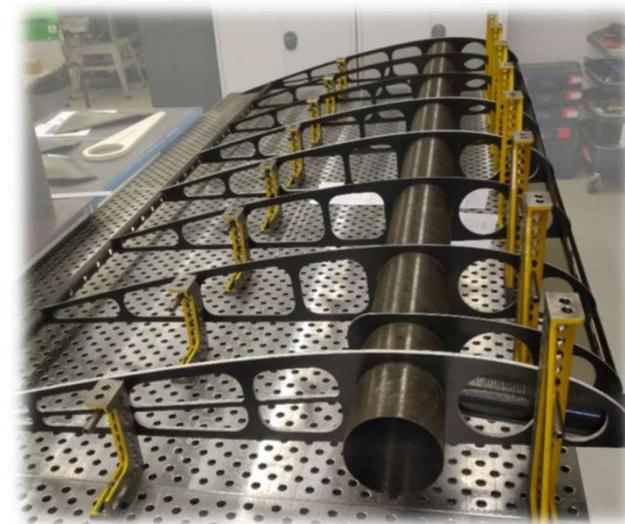
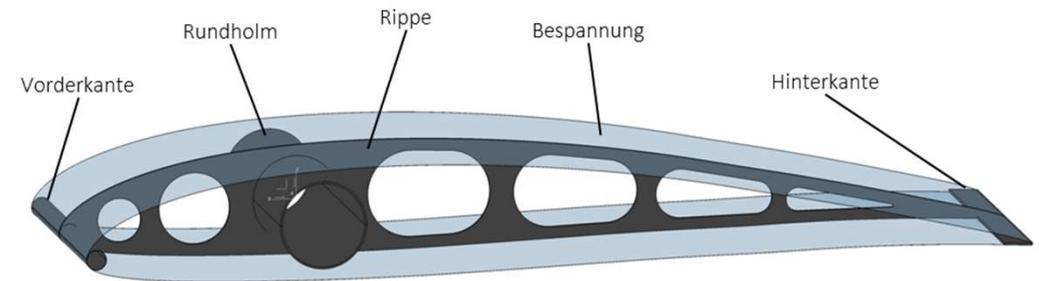


# Flügelbauweise



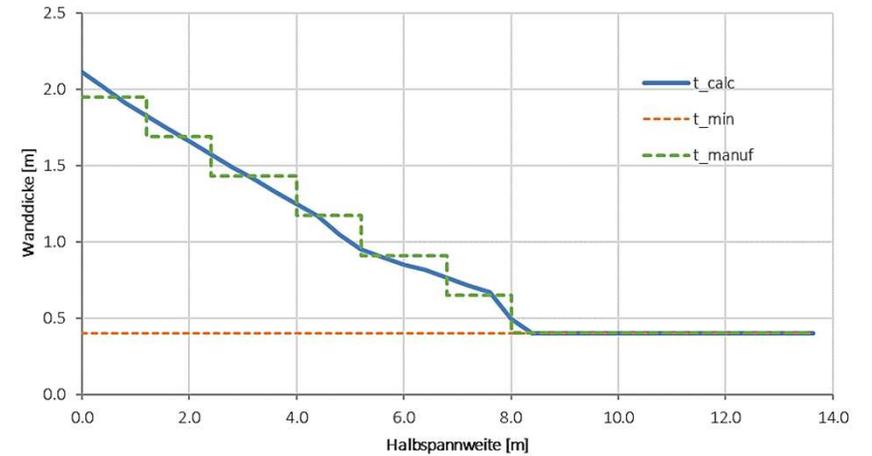
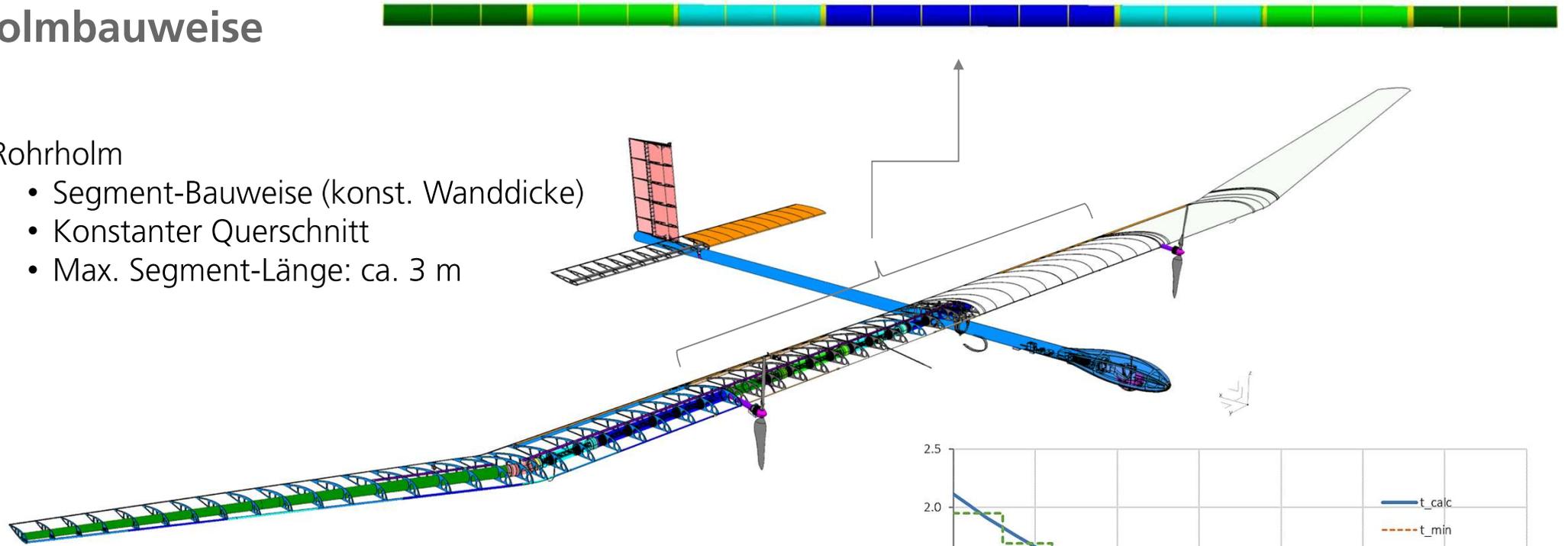
- Holm-Rippen-Bespannung:

- Geringe Flügellasten – geringer Materialaufwand
- Vorteile Flügeltrennung bei gleicher Bauweise
- Wickel-(Rund-)Holm-Fertigung in Haus
- Geringe Kosten für rotationssymmetrische Wickelwerkzeuge
- „geschützt“ innen liegender lasttragender Holm
- Vorteile Reparatur für aufgelöstere Bauweise
- einfache Integration der Systeme



# Holmbauweise

- Rohrholm
  - Segment-Bauweise (konst. Wanddicke)
  - Konstanter Querschnitt
  - Max. Segment-Länge: ca. 3 m



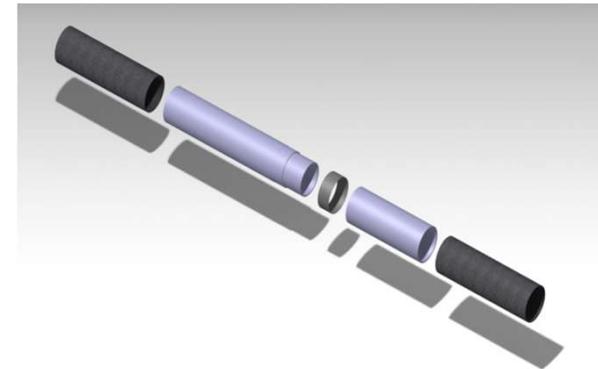
## Holmbauweise

- Rohrholm
  - Konstanter Querschnitt
  - Segment-Bauweise (konst. Wanddicke)
  - Max. Segment-Länge: ca. 3m
- Fertigungsverfahren
  - Prepreg-Slittape-Wickelverfahren
  - Minimalwandstärke ca. 0.4 mm
  - Winkelverbundlaminat  $16^\circ < \phi < 90^\circ$

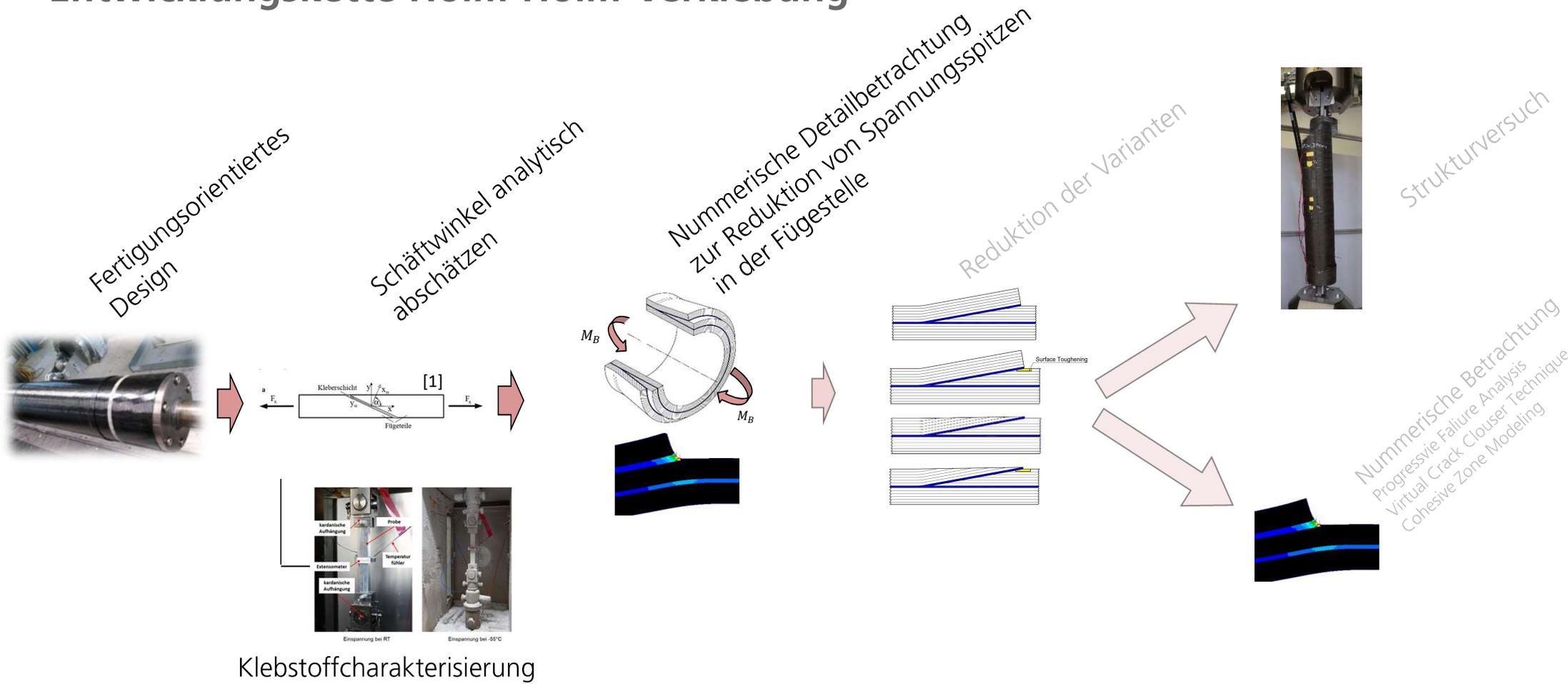


# Holmbauweise

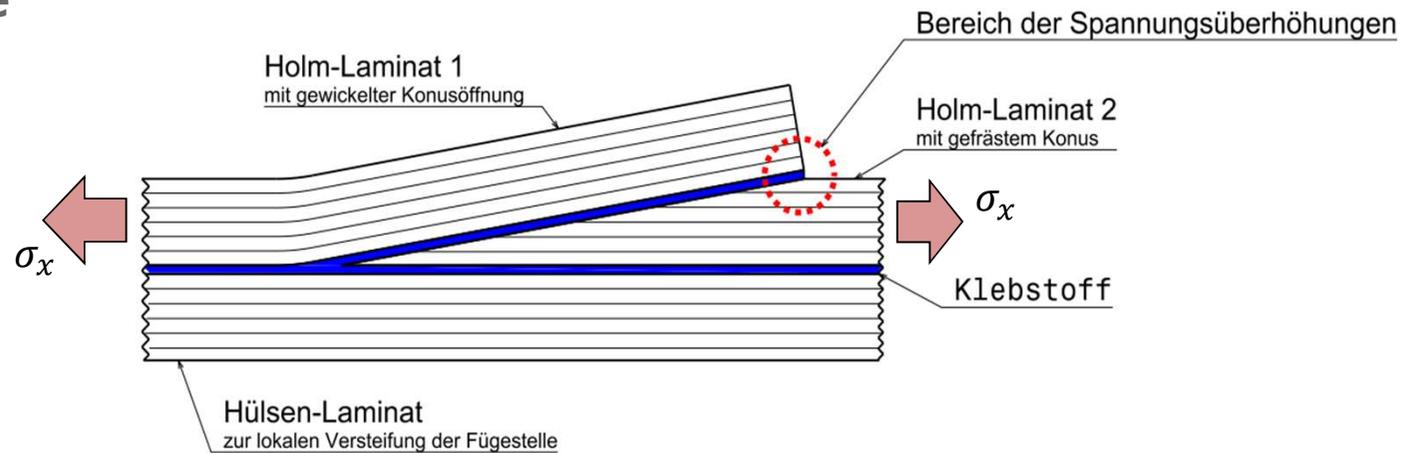
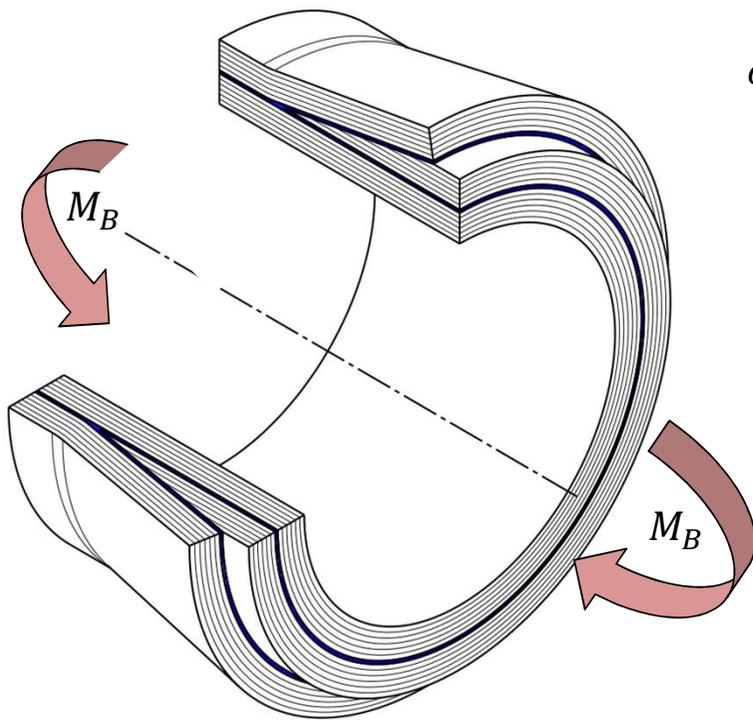
- Rohrholm
  - Konstanter Querschnitt
  - Segment-Bauweise (konst. Wanddicke)
  - Max. Segment-Länge: ca. 3m
- Fertigungsverfahren
  - Prepreg-Slittape-Wickelverfahren
  - Minimalwandstärke ca. 0.4 mm
  - Winkelverbundlaminat  $20^\circ < \phi < 90^\circ$
- Fügemethodik
  - Kombination aus gewickeltem Konus (Aufweitung) und gefräster Schäftung
  - Verklebung auf speziellem Zentrierwerkzeug



# Entwicklungskette Holm-Holm-Verklebung



## Modellbildung - Fügestelle

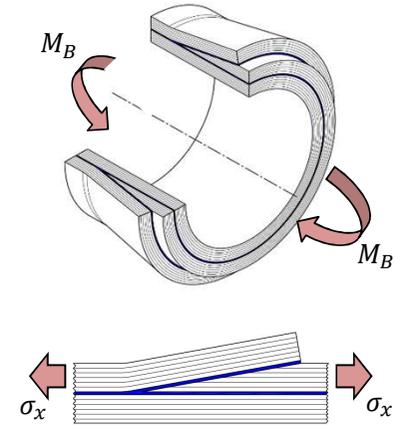
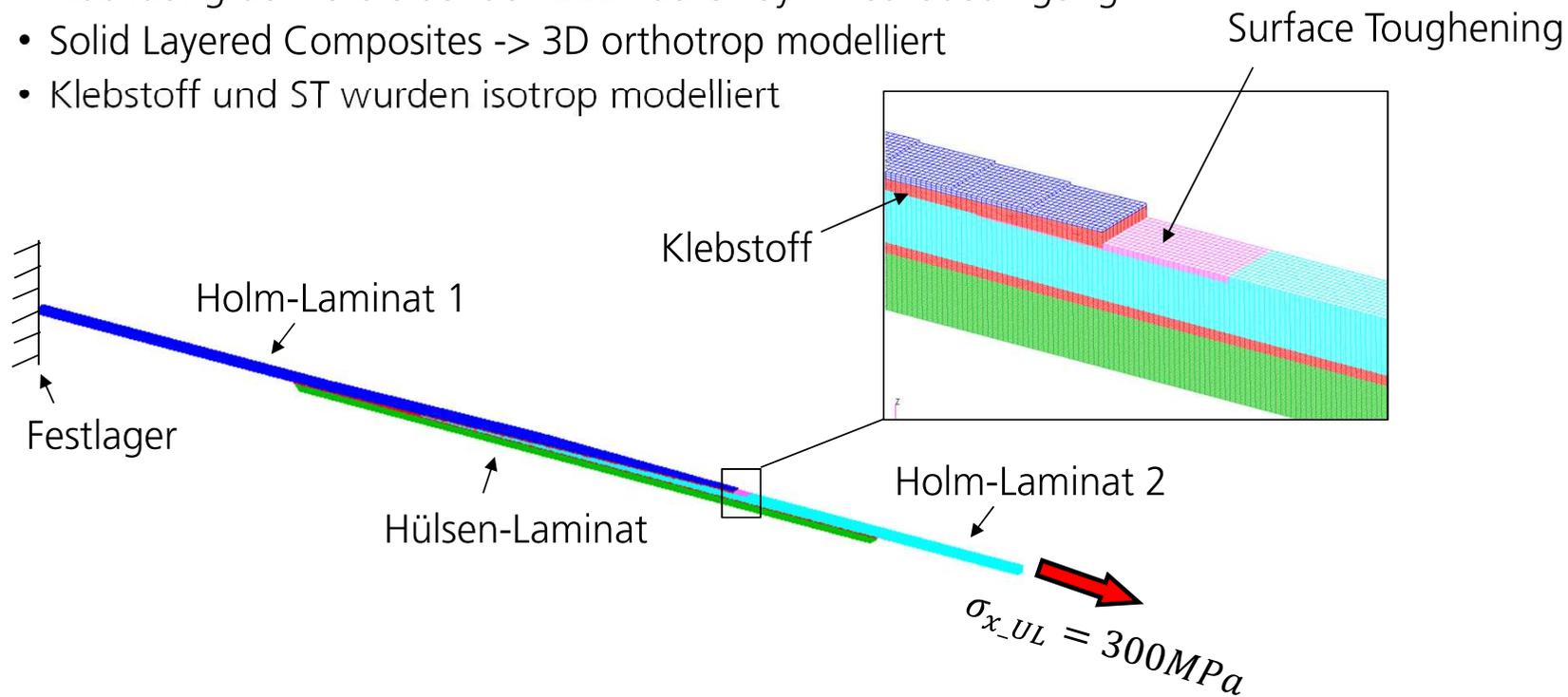


- Das global auf den Holm wirkende Biegemoment ( $M_B$ ) äußert sich lokal in der Fügestelle als Zug- und Druck-Spannungsverteilung ( $\sigma_x$ )
- Das global auf den Holm wirkende Torsionsmoment äußert sich lokal in der Fügestelle als Schubspannung
- Für die detaillierte Betrachtung der Fügstellen-Tragfähigkeit müssen Kombinationen aus Zug- Druck und Schubspannungen auf Detailebene berücksichtigt werden
- Folglich wird eine 3D Modellierung angestrebt



## Modellaufbau – Fügestelle – Biegemoment

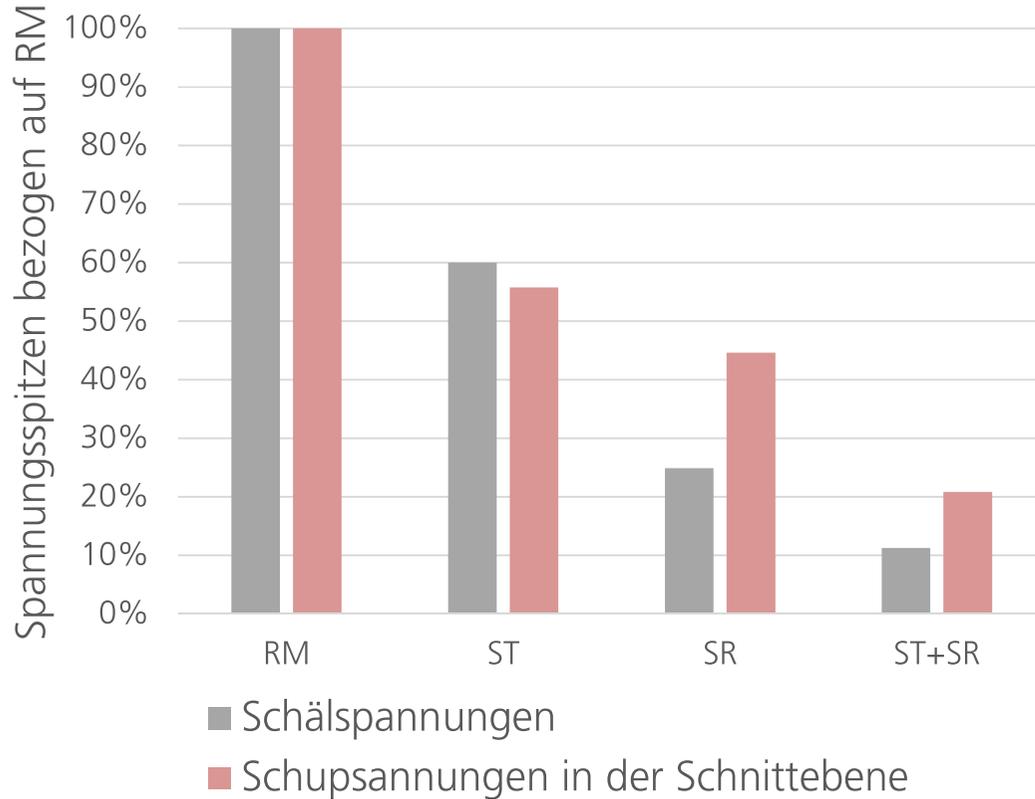
- 1° Ausschnitt der Holmsegmentverklebung
- Abbildung der verbleibenden 359° durch Symmetriebedingung
- Solid Layered Composites -> 3D orthotrop modelliert
- Klebstoff und ST wurden isotrop modelliert



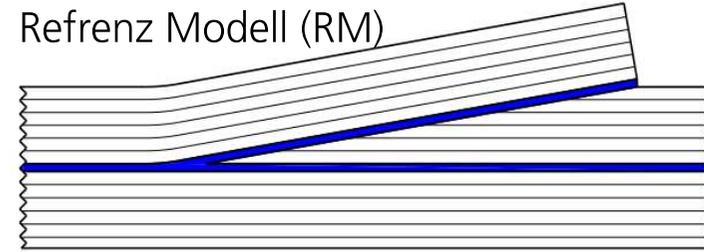
- MSC Nastran
- SOL 400
- Quasi Linear
- Hex8 / Wedge6
- PCOMPLS
- MATORT



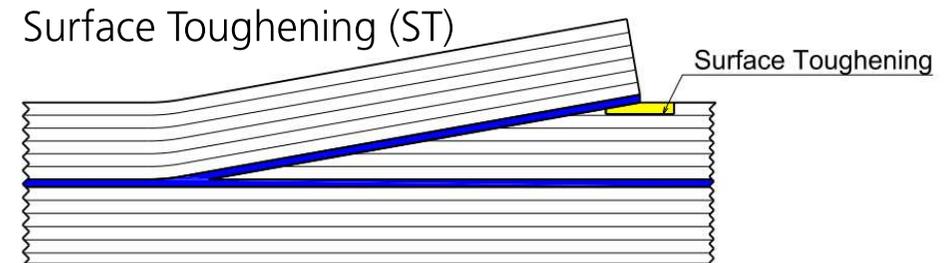
# Reduktion der Spannungsspitzen im oberen Auslaufbereich der Fugestelle



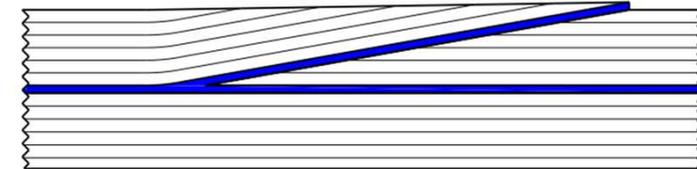
Referenz Modell (RM)



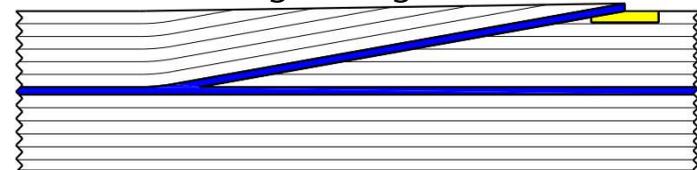
Surface Toughening (ST)



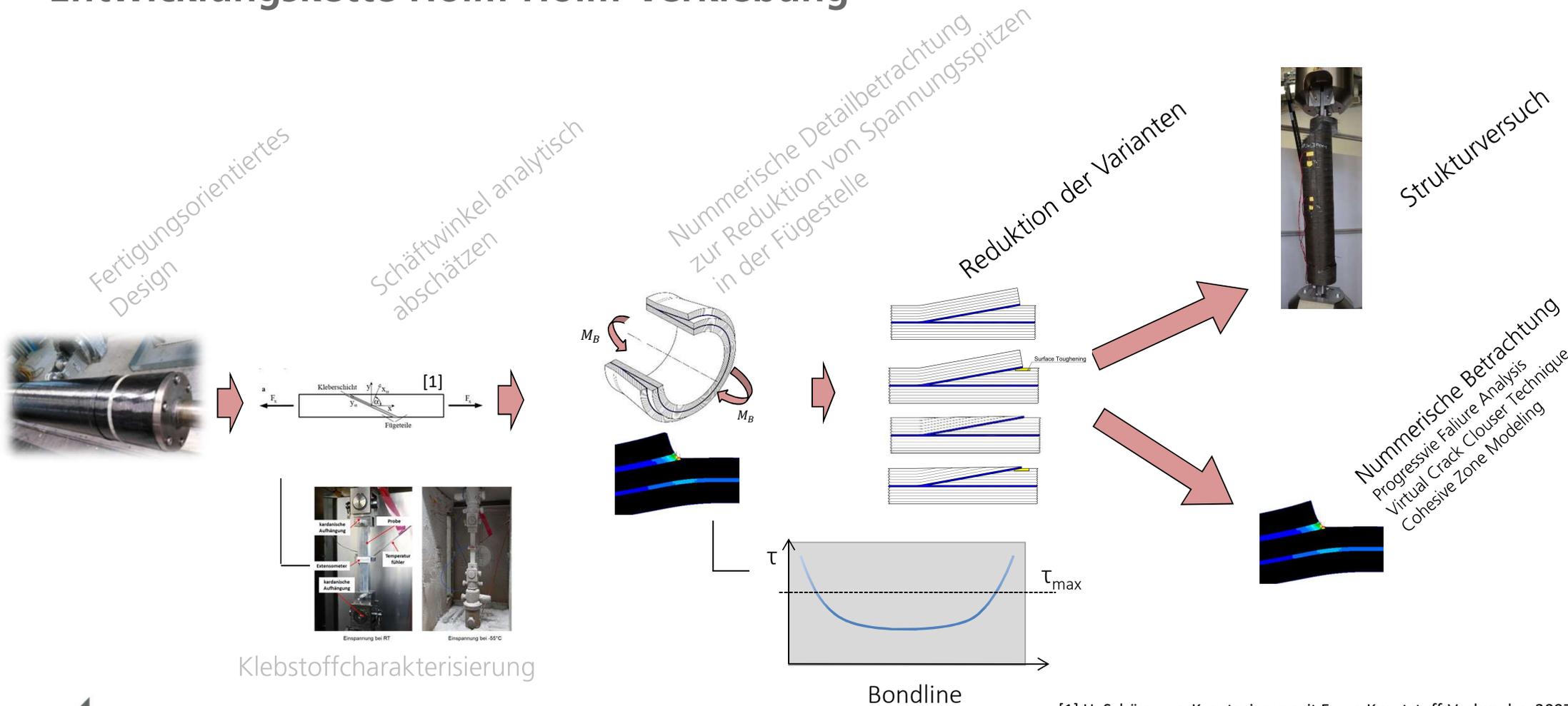
Geometrische Steifigkeits Reduktion (SR)



Geometrische Steifigkeits Reduktion + Surface Toughening (nE+ST)



# Entwicklungskette Holm-Holm-Verklebung

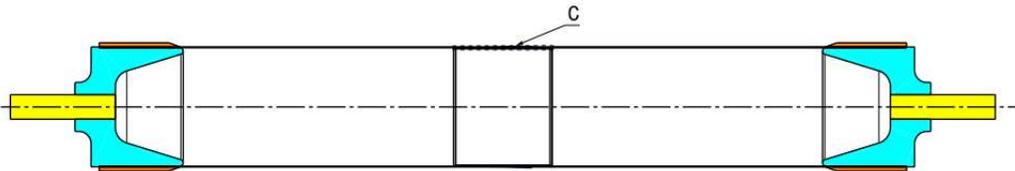
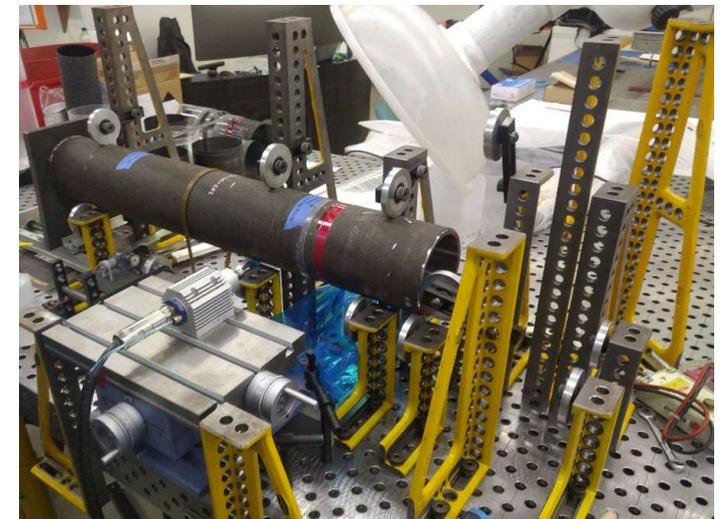


[1] H. Schürmann Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden 2007



# Prüfkörperprogramm

- Prüfkörper Holm-Holm-Verklebung
  - statische Bruchtests der Verklebung (Zugtests) in verschiedene Ausführungen
  - Herstellung Prüfkörper-Chargen in Arbeit (2/3)
  - Verkleben der Prüfkörper-Hälften und Testvorbereitung angelaufen
  - Prüftermin im Sep.'21



## Zusammenfassung und Ausblick

- ✓ Flügelbauweise mit Rundholm
- ✓ Holmherstellung basierend auf Einzelsegmenten
- ✓ Fügeprozess
- ✓ Entwicklungskette Holm-Holm-Verklebung
  - ✓ Numerische Simulationen
    - Prüfprogramm der Holm-Holm Verklebung Sep' 21
  - Full Scale Test des Flügels Ende 2021

