



Verein Deutscher Ingenieure

Bodensee-Bezirksverein e.V. Friedrichshafen



Hochschule
Ravensburg-Weingarten
Technik | Wirtschaft | Sozialwesen

Hybridbauweisen: ausgewählte Verbindungstechnologien für Faserverbundkunststoffe

Prof. Dr.-Ing. Michael Niedermeier

12. November 2013

Werdegang M. Niedermeier



Hochschule
Ravensburg-Weingarten
Technik | Wirtschaft | Sozialwesen

- Studium Maschinenbau TU München
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter IKB ETH Zürich
- Entwicklungsingenieur Schindler Waggon Altenrhein



[Schindler-Waggon 1995]

- Leiter Verbindungstechnologien Alusuisse T&M
Neuhausen am Rheinfall

[Alusuisse / BMW Z22 / 2000]



- Leiter V&U / Programmleiter Automobil-Leichtbau ALCAN

- seit 1. März 2003:
Professor an der Hochschule Ravensburg-Weingarten
- ⇒ Leichtbau
- ⇒ Faserverbundwerkstoffe
- ⇒ Verbindungstechnologien / Hybridbauweisen

Hybridbauweisen: ausgewählte Verbindungstechnologien für FVK

- Definition Hybridbauweisen
- Aspekt Werkstoffkombinationen
- Verbindungstechnologien
- Beispiele

Hybridbauweisen: ausgewählte Verbindungstechnologien für FVK

- Definition Hybridbauweisen
- Aspekt Werkstoffkombinationen
- Verbindungstechnologien
- Beispiele

Definition Hybridbauweisen

Hybrid:

mehrere Werkstoffe / Komponenten / Mechanismen
in idealer Kombination => Synergie

Bauweise:

„Konstruktion“ ↔ Formgebung ↔ Verbindungstechnologien

Definition Hybridbauweisen

Hybrid „mikroskopisch“: z.B. Faserverbundwerkstoffe

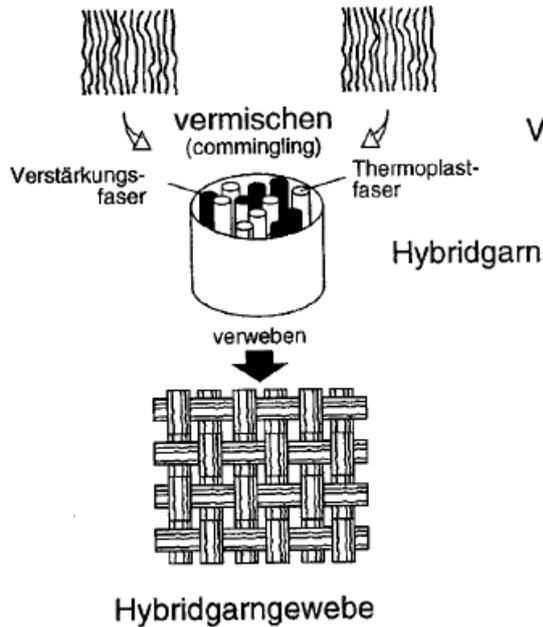
⇒ Verstärkungsfaser & Interface & Matrix

⇒ Faserkombinationen & Interface & Matrix

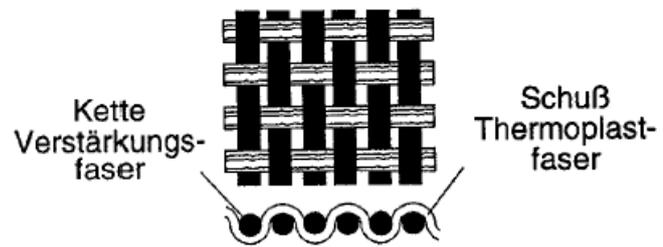
⇒ FML: fiber metal laminate

Hybridbauweisen

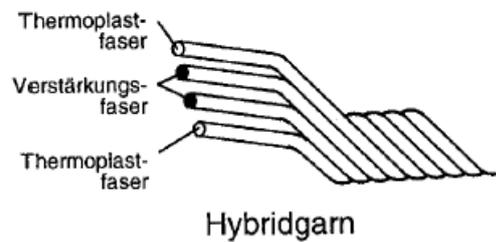
Verstärkungsfasern Thermoplastfasern



Hybridgewebe



Herstellung von Mischgarn durch das Umspinnen von Verstärkungsfasern (cowrapping)



[Vorlesungsunterlagen Prof. Flemming, ETH Zürich]

Definition Hybridbauweisen

**Hybrid „makroskopisch“:
z.B. Faserverbundkunststoffe & Metalle**

⇒ Komponenten / Baugruppen

- Definition Hybridbauweisen
- Aspekt Werkstoffkombinationen
- Verbindungstechnologien
- Beispiele

Werkstoffkombinationen Beispiele FVK - Metalle

Thermoplast-FVK

- GF-PP
- GF- / CF-PA
- GF-PBT / PET
- CF-PEI
- CF-PEEK

Stahl

- DC04
- E295
- 1.4301
- 1.4404

Mg-Leg.

- AM50
- AZ91

Duromer-FVK

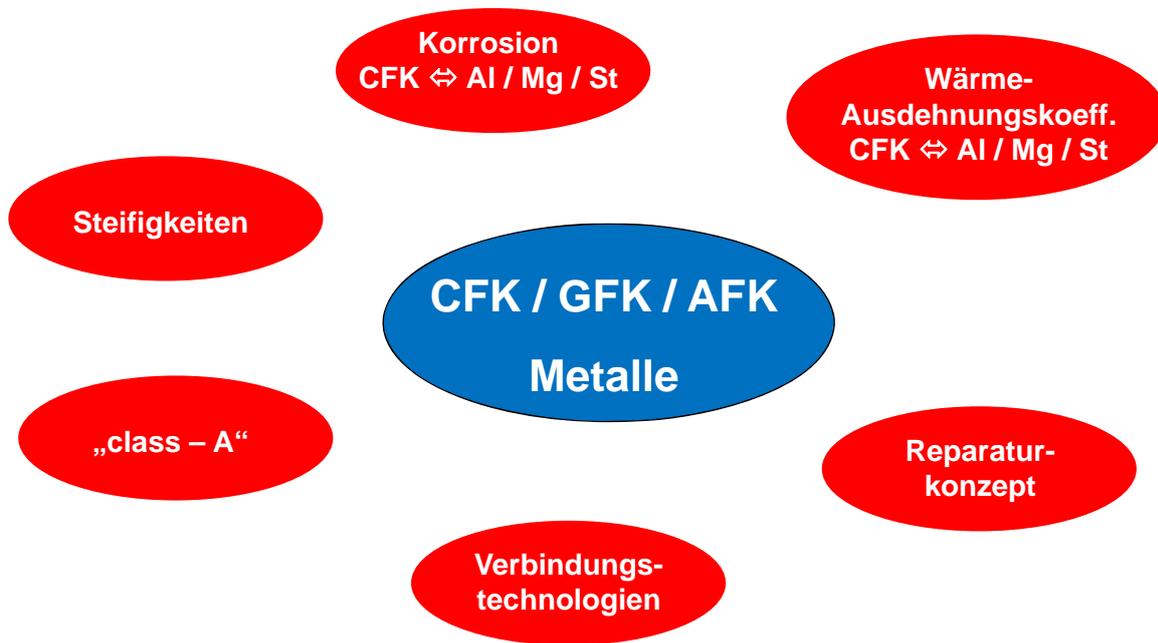
- GF-UP
- GF- / CF-VE
- GF- / AF- / CF-EP
- GF- / CF-PF
- CF- BMI

Al-Leg.

- EN-AW 2xxx
- EN-AW 5xxx
- EN-AW 6xxx
- EN-AW 7xxx

Ti-Leg.

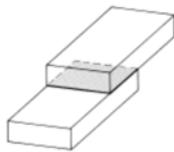
- TiAlV 6-4



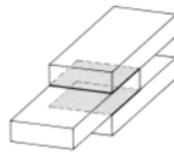
Hybridbauweisen: ausgewählte Verbindungstechnologien für FVK

- Definition Hybridbauweisen
- Aspekt Werkstoffkombinationen
- Verbindungstechnologien
- Beispiele

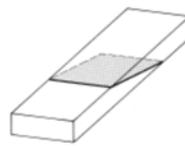
Stoffschluss



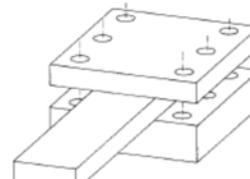
Einschnittige Klebung



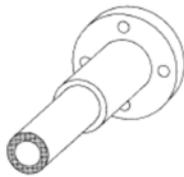
Zweischchnittige Klebung



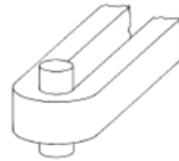
Schäftung



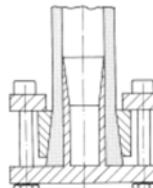
Klemmung



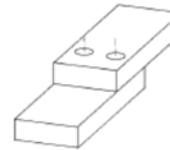
Welle-Nabe Pressverband



Schlaufenanschluss



Rohranschluss über Konus



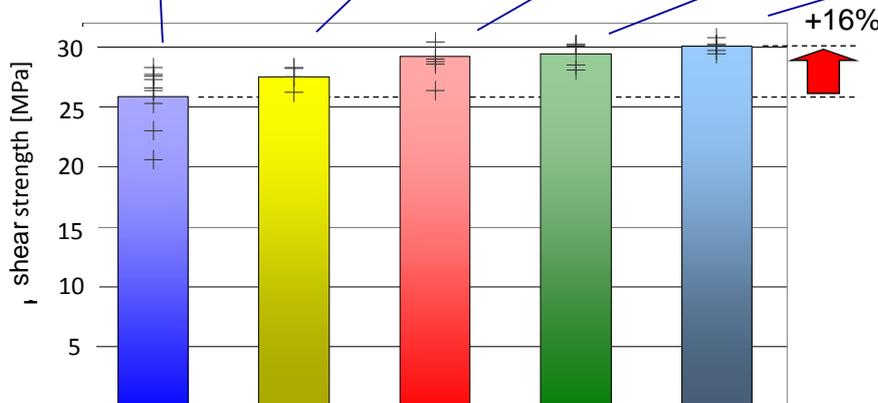
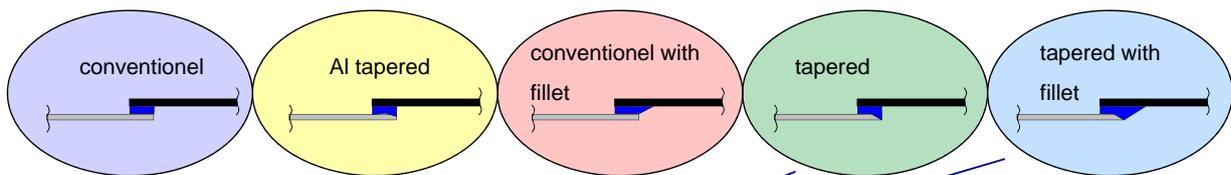
Bolzenverbindung

Kraftschluss

Formschluss

[Bildnachweis: Schürmann /
Konstruieren mit Faser-Kunststoffverbunden / Springer 2005]

Verbindungstechnologien für FVK: Kleben



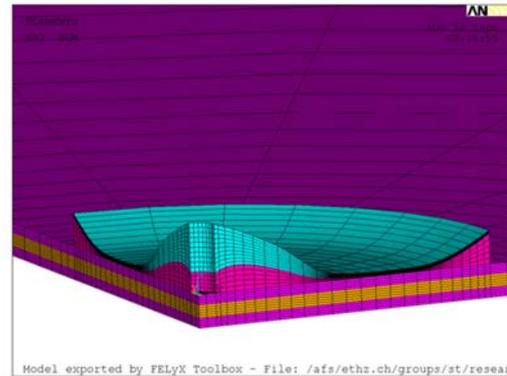
[Kress, Naeff, Dentella, Niedermeier: 2002]

Material 1: Ecodal 2mm
Material 2: CFK quasiisotrop
Adhesive: Betamate 1496
Bond t: 2 mm
Overlap: 12 mm

Verbindungstechnologien für FVK: Kleben => Onserts



[Daniel Kießling, HRW, 2006]



[David Keller, ETHZ, 2007]

Strukturelle Kräfteinleitungselemente für kontinuierlich
faserverstärkte Kunststoffe
IWK HSR, ETHZ, HRW, 2006 – 2008

Verbindungstechnologien für FVK

Kritisch:

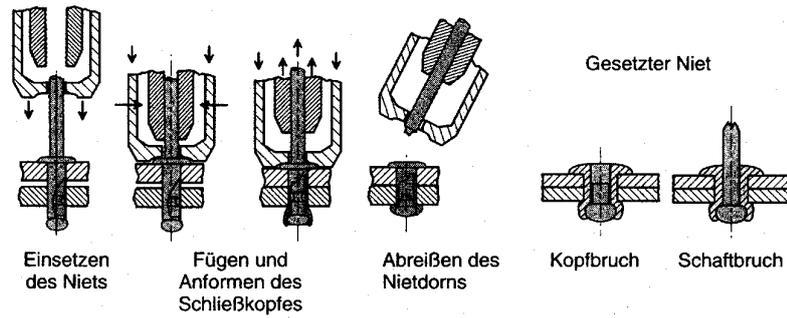
punktueller / lokal begrenzter Lasteinleitung

- ⇒ Verletzung der Faserstruktur: Spannungsspitzen!
- ⇒ Steifigkeitssprung
- ⇒ Korrosion (z.B. Kombination Al-Leg. mit CFK)

Verbindungstechnologien für FVK: Niet-Technologien

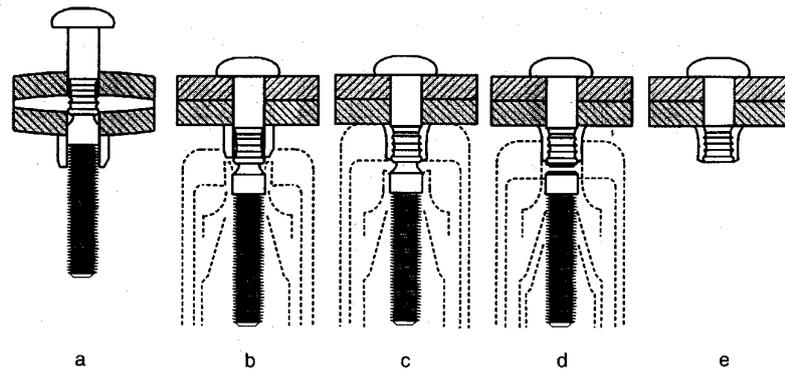
Blindniet:

- + einseitige Zugänglichkeit
- + Bohrlochfüllung



Schliessringbolzen:

- + gezielte Vorspannung
- + Reparaturfreundlichkeit



Verbindungstechnologien für FVK: Schliessringbolzen (shear bolt)

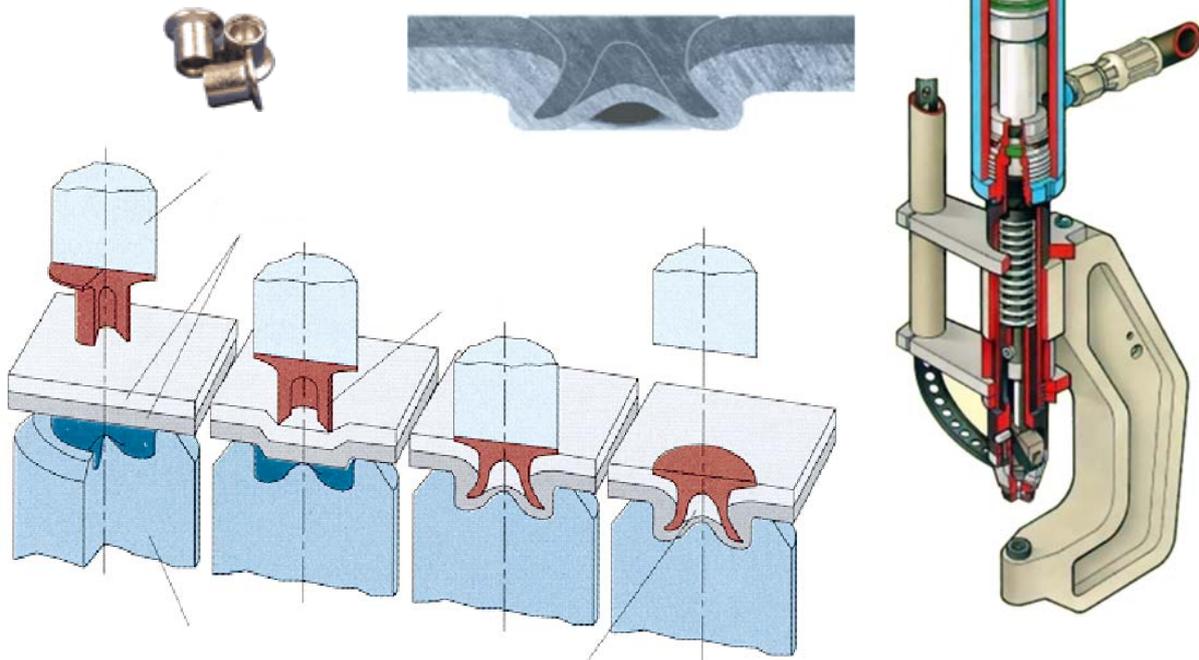
Alcoa Fastening System's engineers developed the XPL® Lockbolt Fastening System to tie composite and metallic parts together in the A380 center wing box.



The A380's center wing box is the largest composite component in aviation history and for the first time, the rear fuselage section immediately behind the pressure bulkhead is also being produced using composites.

[ALCOA fastening systems, FORTUNE magazine]

Verbindungstechnologien für FVK: Stanznieten



[Budde/Pilgrim, Stanznieten und Durchsetzfugen, vmi 1995]

Verbindungstechnologien für FVK: Stanznieten



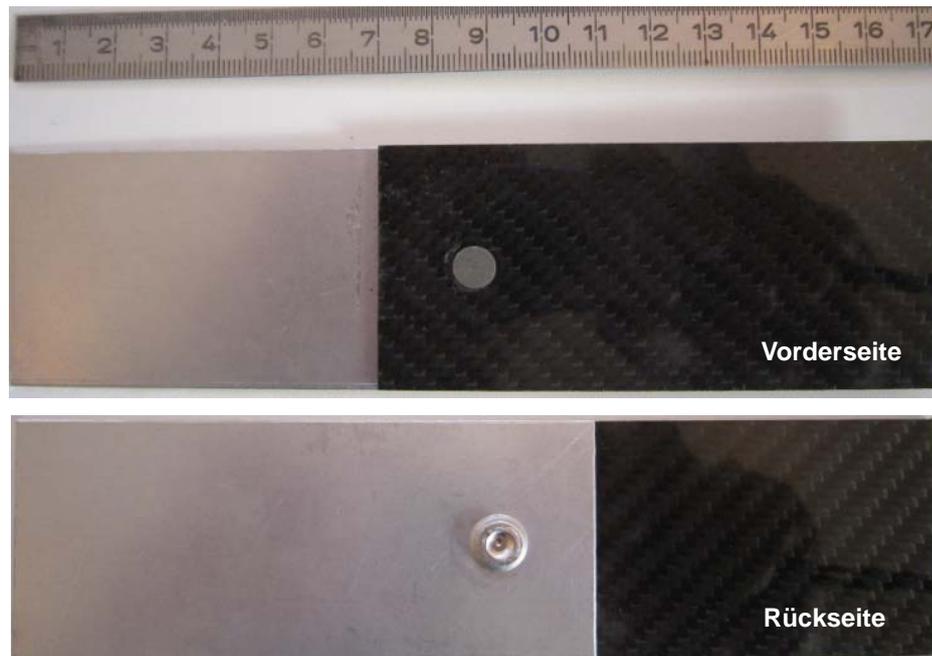
Stanzniet mit ALMAC
Beschichtung

CFK (EP / CF-HT), $t = 1\text{mm}$

Aluminium Ecodal AA6181A
 $t = 2\text{mm}$, temper T4

[Niedermeier, Alusuisse multi material approach report, 2001]

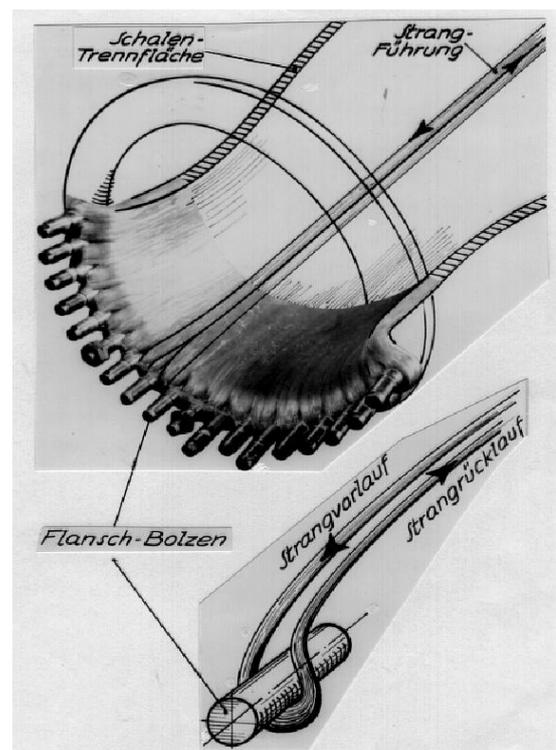
Verbindungstechnologien für FVK: Stanznieten



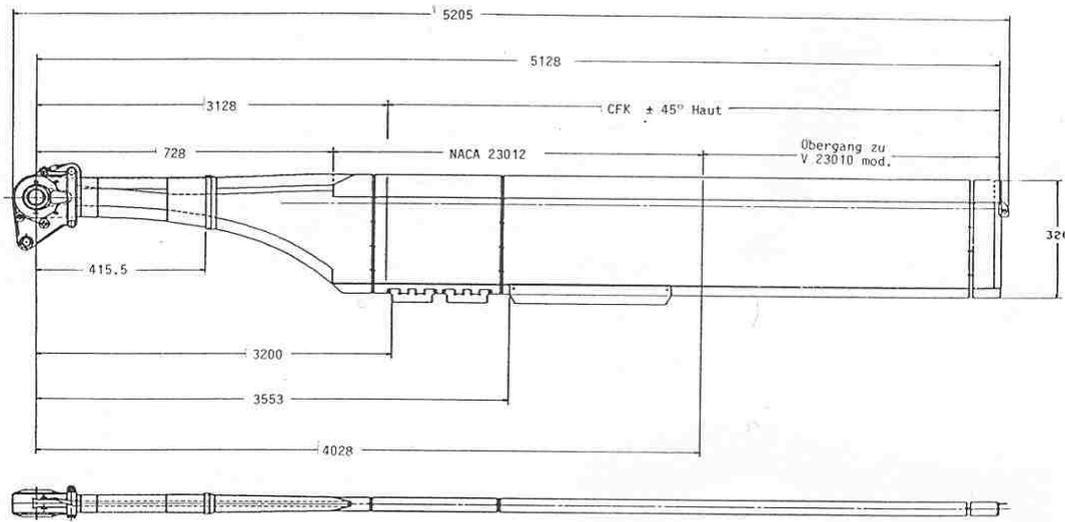
[Michael Niedermeier, Multi Material Project, Alusuisse 2001]

Verbindungstechnologien für FVK

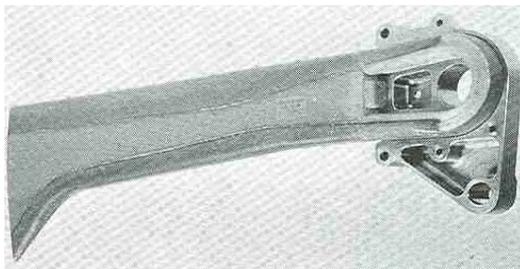
**Ideal:
Schlaufenverbindung**



[Prof. Dr. Hütter / Uni Stuttgart]



Geometrie des BK 117 Hauptrotorblattes



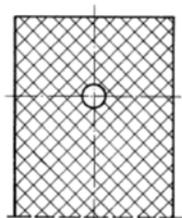
BO105:
CFK/GFK ⇔ Ti
=> bolt design

[M. Hahn]

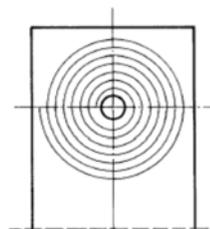
Inserts für FVK



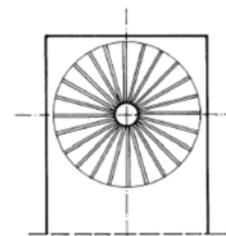
[Bighead UK]



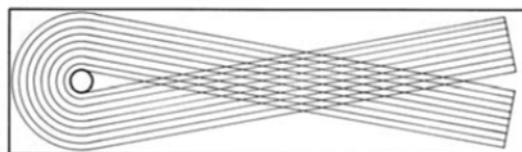
Zusätzlich ($\pm 45^\circ$)
 $\sigma_{LV} = -8\%$
 $\sigma_{Lm} = +7\%$



Yoyo-Einleger
 $\sigma_{LV} = +121\%$
 $\sigma_{Lm} = 0\%$



Stern-Einleger
 $\sigma_{LV} = +61\%$
 $\sigma_{Lm} = -25\%$

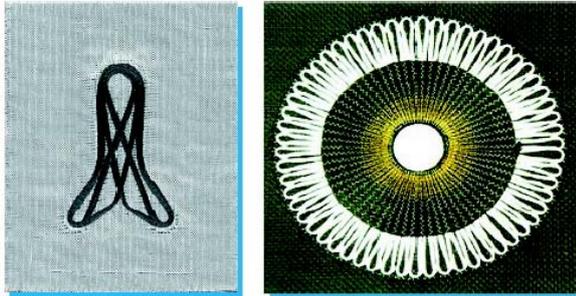


Schlaufen-Einleger
 $\sigma_{LV} = +5\%$
 $\sigma_{Lm} = +4\%$

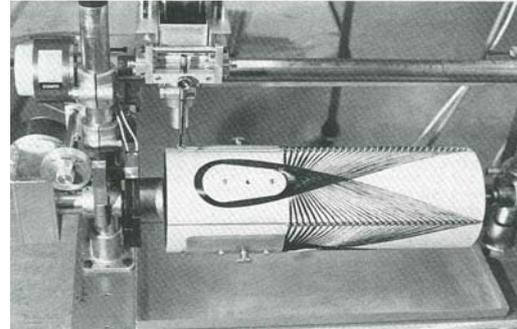
[Prof. Schürmann]

LV: Lochleibungsversagen
Lm: maximale Lochleibung

Verbindungstechnologien für FVK



[Prof. Drechsler, TU München]

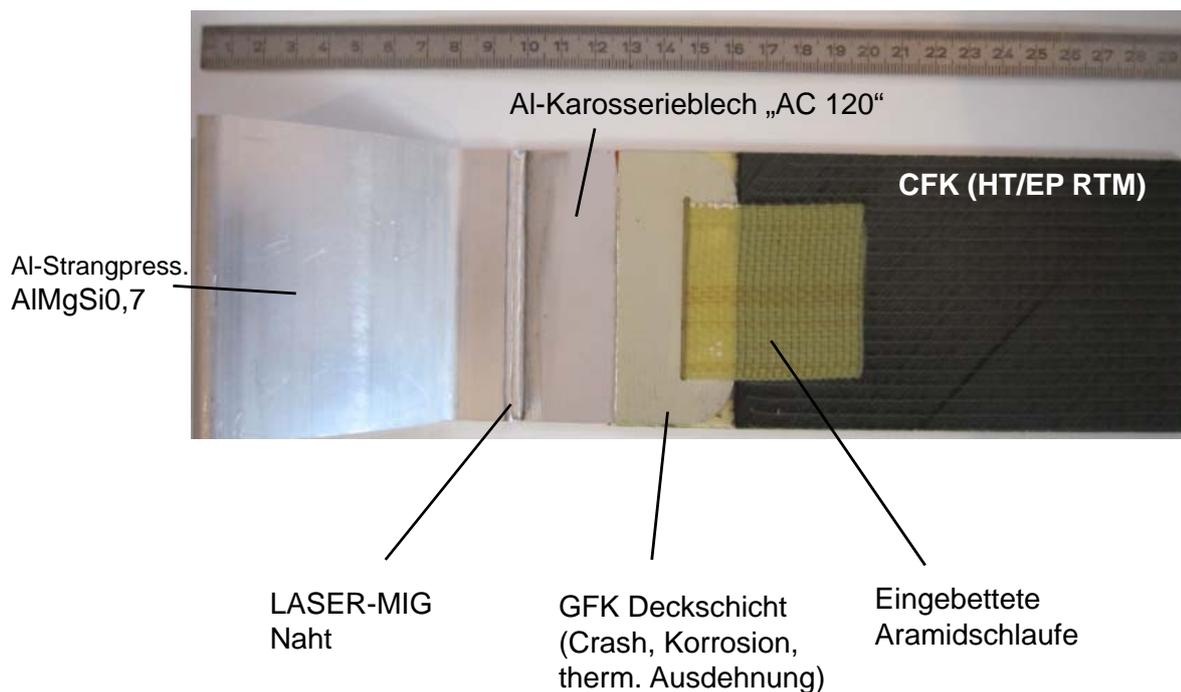


[M. Hahn => Dornier]

Wickeln, Sticken, Nähen, ...

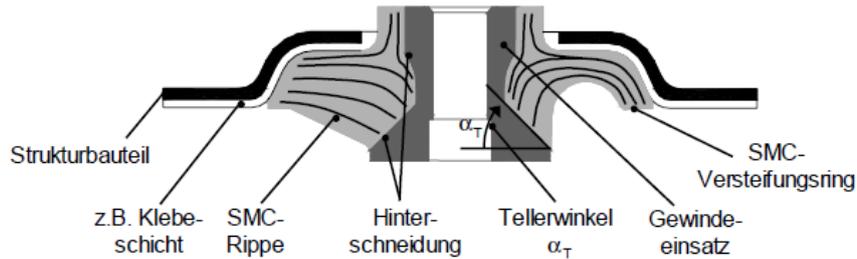
TFP tailored fiber placement

Verbindungstechnologien für FVK



[Michael Niedermeier, Multi Material Project: „Kunststoff- / Schweissverbinder“, Alusuisse 2001]

Verbindungstechnologien für FVK



[Bildnachweis: Dissertation F. Schievenbusch,
Beitrag zu hochbelasteten Kräfteinleitungselementen für Faserverbundbauteile, TU Chemnitz 2003 / BMW]

Hybridbauweise: BMW i3



[Bildnachweis: auto motor sport.de, Zugriff November 2013]