Hybride Verbundwerkstoffe: Potenziale und Herausforderungen

Patrick Hergan[1*], Ewald Fauster[1], Steffen Stelzer[2], Gerald Pinter[2], Ralf Schledjewski[1]

[1] Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, Department Kunststofftechnik, Montanuniversität Leoben, Otto Glöckel-Strasse 2, A-8700 Leoben, Österreich

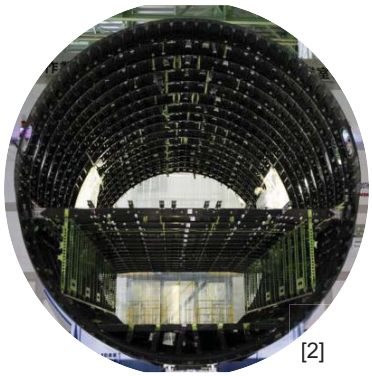
[2] Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, Department Kunststofftechnik, Montanuniversität Leoben, Otto Glöckel-Strasse 2, A-8700 Leoben, Österreich

Inhalt

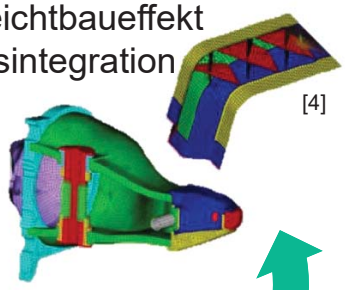
- **Was sind Hybride Verbundwerkstoffe?**
  - **Wodurch zeichnen sich diese aus?**
- **Potenziale**
  - **Eigenschaften**
  - **Im Einsatz**
- **Herausforderungen**
  - **In der Herstellung**
  - **In der Bearbeitung**
- **Derzeitige Forschungsschwerpunkte**

Die Entwicklung zum Hybrid Verbund

Derzeitige Mischbauweise
- Fügeintensiv
- Sequentiell


[2]

Hybridverbunde
- Keine Fügeelemente
- Hoher Leichtbaueffekt
- Funktionsintegration

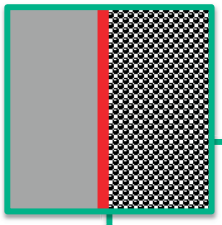

[4]

[1]

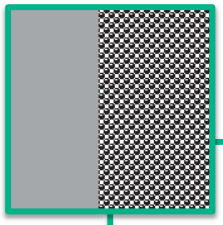
Klassische „Einstoff"-Bauweise

[3]

Definition Hybrider Verbundwerkstoff



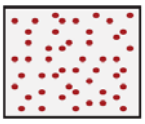
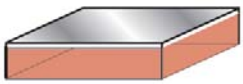
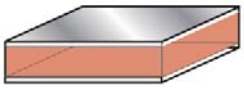
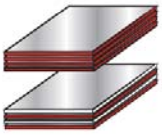
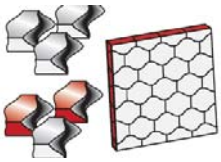
Mischbauweise
- „Der beste Werkstoff am richtigen Ort"
- Jedes Material existiert unabhängig vom anderen
- Die Materialien sind durch ein eigens eingesetztes Fügeverfahren miteinander verbunden
- Es ist eine Fügezone vorhanden



Hybrider Verbund
- „Das beste Subsystem am richtigen Ort"
- Die Verbundmaterialien bedingen einander und wirken in ihrer Gesamtheit
- Die Materialien sind ohne Fügelement oder Zusatzwerkstoff verbunden
- Es ist ein Interface vorhanden

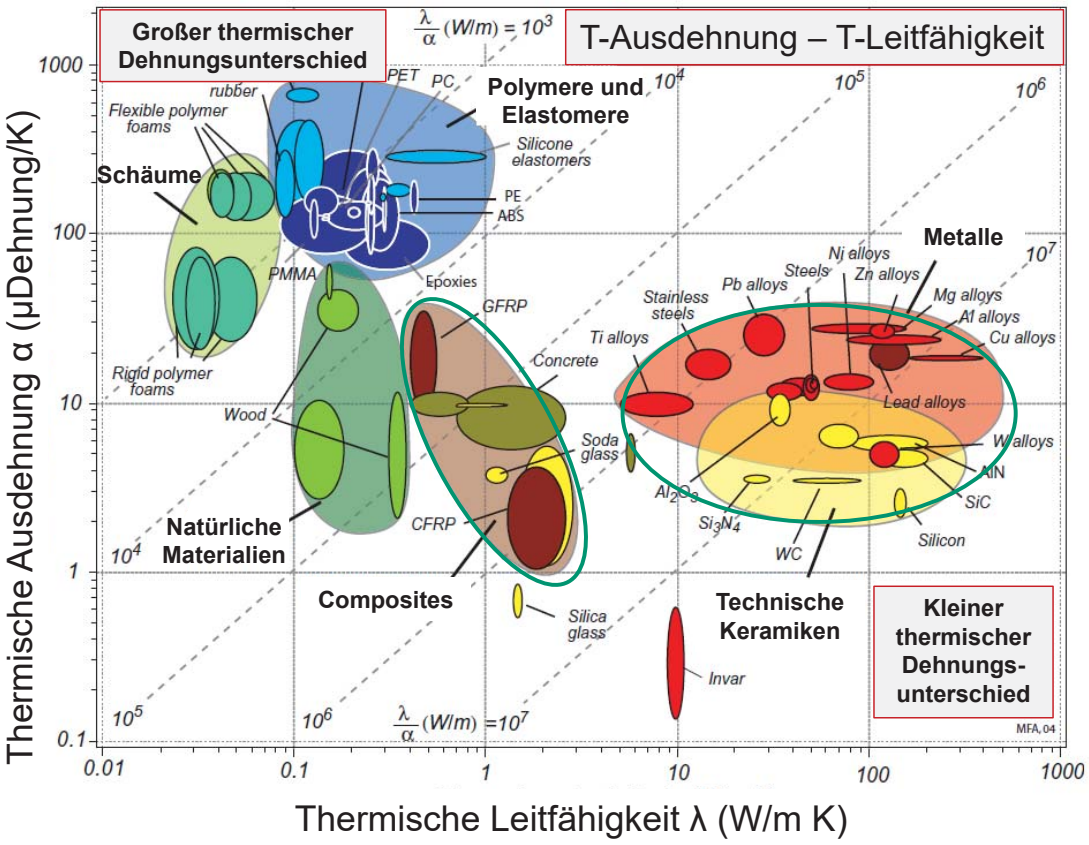
[4]

Arten von Hybridwerkstoffen

Familie	Beispiel		Potenzielle Funktionen
Composite	Faserbasiert	 Partikelbasiert	Gewichtsbezogene Steifigkeit und Festigkeit in der Ebene
Sandwich	 Einseitig	 Zweiseitig	Gewichtsbezogene Biegesteifigkeit und –festigkeit Thermisches Management Schutz vor Umwelteinflüssen
Segment	1D	 2D	 3D	Biegenachgiebigkeit Schadenstoleranz Elektrische Eigenschaften Thermisches Management

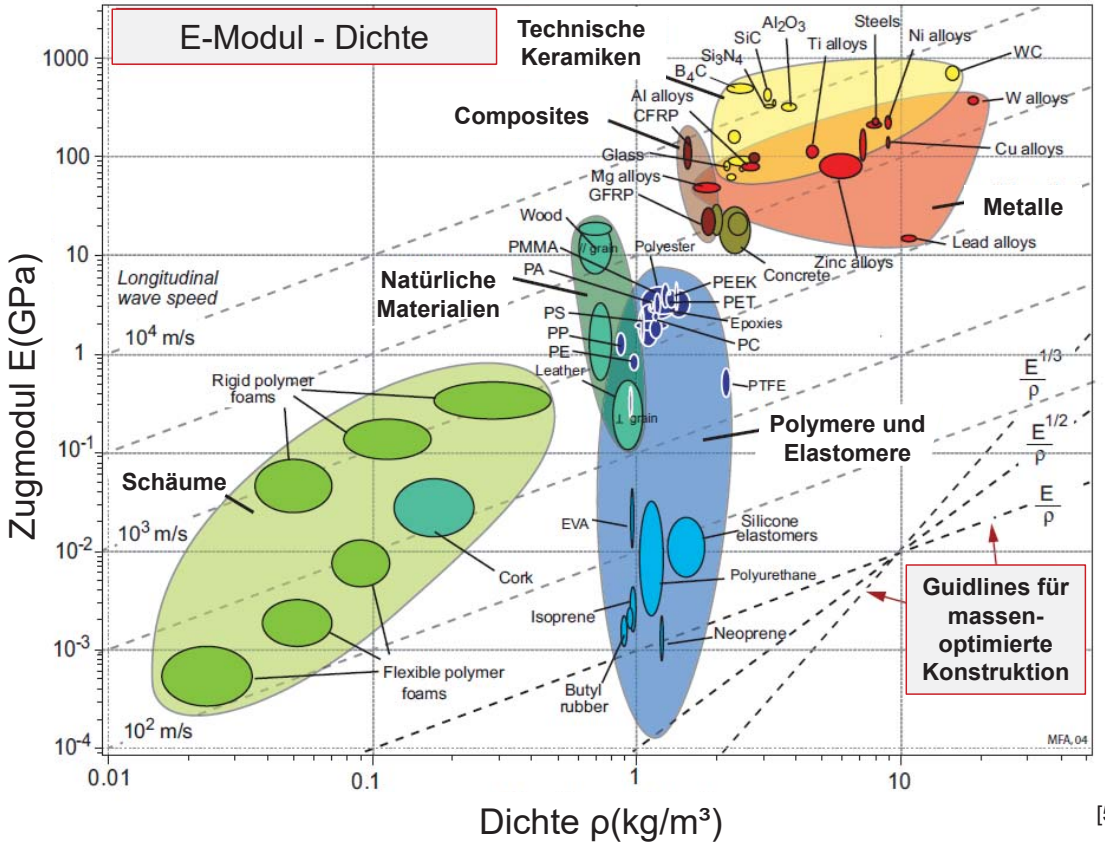
[5]

Thermische Eigenschaften der Einzelwerkstoffe



[5]

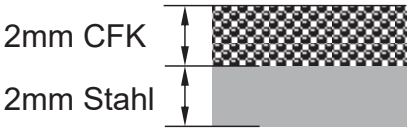
E-Modul bezogen auf Dichte der Einzelwerkstoffe



[5]

Eigenschaften von Hybrid Verbundwerkstoffen

Ermittelte Eigenschaften eines mittels RTM Verfahren hergestellten Hybridverbundes normiert auf Stahl



Eigenschaft	Stahl	CFK (0/90)	Hybrid (0/90)
Zugmodul	1	0,3	0,8
Biegemodul	1	0,3	0,6
Dichte	1	0,25	0,6
Wärmeleitfähigkeit	1	0,007	0,013
Wärmeausdehnung (z)	1	5	3,3
Wärmeausdehnung (xy)	1	0,34	0,56

Potenziale für die Werkstoffeinstellung / Herstellung

Ein Material erfüllt alle Anforderungen

Einfache Lösung

Anforderungen analysieren
- Funktionen
- Randbedingungen
- …

Entscheidung über Aufbau
- Composite
- Sandwich
- ...

Optimale Lösung für Anforderung 1

Kein Material erfüllt alle Einzel-anforderungen

Lösungen kombinieren und Performance beurteilen

Hybride Lösung

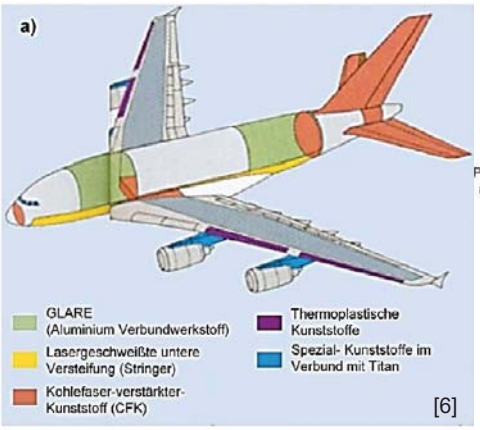
Optimale Lösung für Anforderung 2

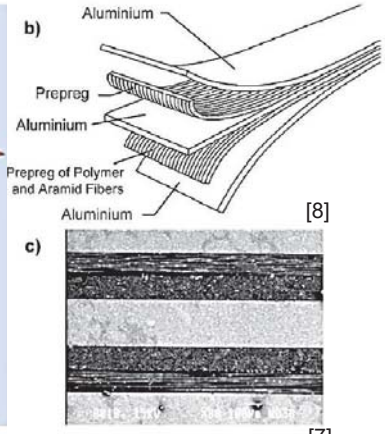
Interface Entwicklung
- Verkleben
- Schweißen
- …

[5]

Potenziale im Einsatz

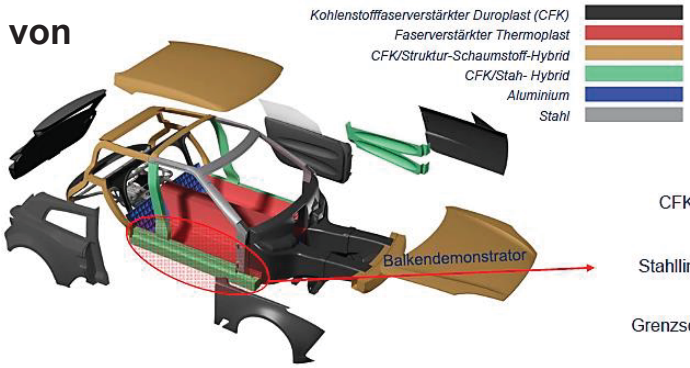
- **Einsatz im Flugzeug**
  - **GLARE**
  - **Bietet hohe Schadenstoleranz**
- **Einsatz im Fahrzeug**
  - **Deutlich verbesserte Energieabsorption beim Crash**
  - **Einsparung von Gewicht**

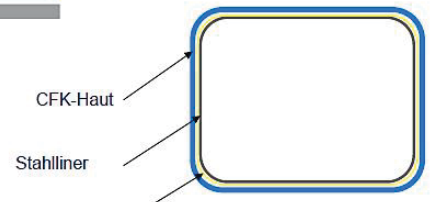




[8]

[7]



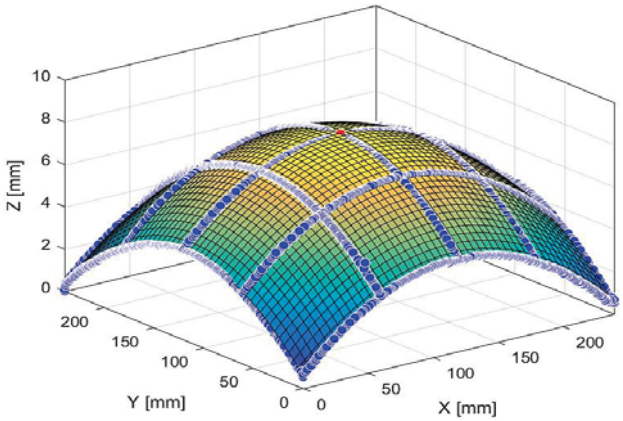


[9]

Querschnitt Hybridbalken

Herausforderungen in der Herstellung

- **Haftung zwischen den unterschiedlichen Werkstoffen→ Interface**
  - **Delaminationen**
  - **Vorbehandlung der Werkstoffe**
- **Unterschiedliche Werkstoffeigenschaften → Thermische Spannungen**
  - **Deformationen**
  - **Sogar abtrennen der Einzelmaterialien möglich**



Herausforderungen in der Bearbeitung

- **Unterschiedliche Werkzeuge für unterschiedliche Materialien**
  - **→ nicht möglich bzw. schwer umsetzbar**
- **Größtes Problem bei der mechanischen Bearbeitung ist der Wärmeeintrag**
  - **Kühlmittel können negativen Einfluss auf das Interface haben**
- **Wasserstrahlschneiden führt zu:**
  - **Delaminationen und**
  - **Fibre Washout / Ausbrüche**
- **Laser Schneiden führt zu lokaler Überhitzung der Matrix**

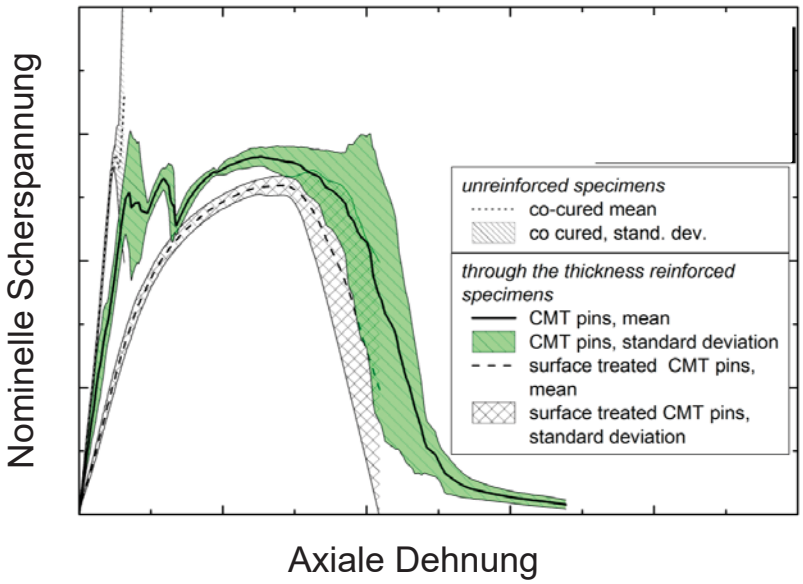
Derzeitige Forschungsschwerpunkte Verarbeitung

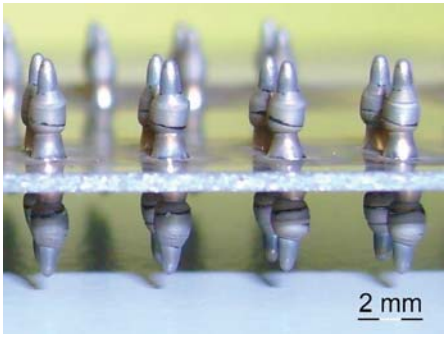
Projekt HybridRTM

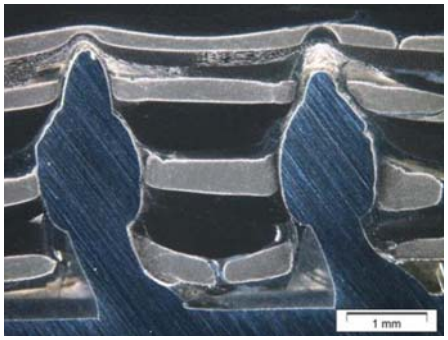
- **Ziel: Entwicklung eines Ein-Schritt-Verfahrens zur Herstellung von CFK – Stahl Hybridbauteilen mittels RTM Verfahren**
- **Qualitätsgesicherter automatisierter Prozess durch modellbasierte Prozessführung**
- **Simulation des Deformationsverhaltens zur Optimierung der Bauteilgeometrie**

Derzeitige Forschungsschwerpunkte Interface

- **Erhöhung der Festigkeit der Verbindung durch Aufbringen von Joints**
  - **Auftrag durch „cold metal transfer“ (CMT) Schweißen**



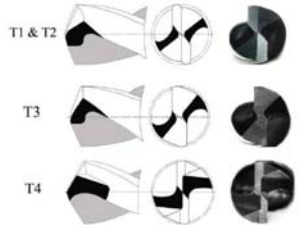




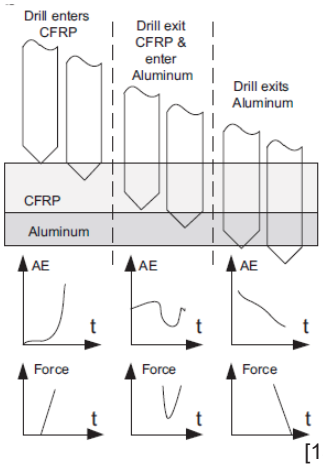
[10]

Derzeitige Forschungsschwerpunkte Bearbeitung

- **Um eine bessere Bearbeitung von Hybridbauteilen zu erreichen wird derzeit an folgenden Gebieten geforscht**
  - **Schwingungsunterstützter Bearbeitung**
  - **Geräuschemmisionsanlayse**
  - **Bohrer Geometrien Entwicklung**

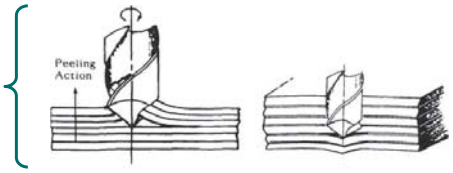


[12]



[13]

„peel up“



„push out“

[11]

Projekt Partner

KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN – VERARBEITUNG VON VERBUNDWERKSTOFFEN

KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN – WERKSTOFFKUNDE UND PRÜFUNG DER KUNSTSTOFFE

BENTELER-SGL AUTOMOTIVE COMPOSITES

HybridRTM

AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ALPEX Tooling for Composites

bto epoxy

Das Projekt HybridRTM wird vom Ministerium für Transport, Innovation und Technologie im Rahmen der FFG Ausschreibung „Produktion der Zukunft“ gefördert

bmvit

Quellen

[1] http://www.caricos.com/cars/a/audi/2012_audi_s8/1600x1200/57.html?

[2] http://textalks.com/kawasaki-heavy-opens-carbon-fiber-plant-for-boeings-dreamliner/

[3] http://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/07/BMW-7-Series-LF-frame-P90176663_highRes.jpg

[4] Nestler, D. J. ,Verbundwerkstoffe-Werkstoffverbunde, Status quo und Forschungsansätze, 2013.

[5] Ashby, M. F.: Hybrids to fill holes in material property space, Philosophical Magazine, 26-27, 2005, S. 3235–3257.

[6] Borchard-Tuch, C.: Neue Werkstoffe für den Airbus A380, Chem. Unserer Zeit, 40, 2006, S. 407–409.

[7] Krishnakumar, S.: Fiber Metal Laminates — The Synthesis of Metals and Composites, Materials and Manufacturing Processes, 2, 1994, S. 295–354.

[8] Vermeeren, C. A. J. R.: An Historic Overview of the Development of Fibre Metal Laminates, Applied Composite Materials, 4/5, 2003, S. 189–205.

[9] Hufenbach, W., Adam, F.: Anwendungsperspektiven von multifunktionalen Hybridbauweisen und -komponenten im Mobilitätssektor, Braunschweig, 2014.

[10] S. Stelzer, S. Ucsnik, G. Pinter.: Novel Composite-Composite Joining Technology with through thicknesss reinforcement for enhanced damage tolerance, 20. Symposium Verbundwerkstoffe, Wien, 2015.

[11] K. Giasin, S. Ayvar-Soberanis, A. Hodzic: An experimental study on drilling of unidirectional 5GLARE6 fibre metal laminates, Composite Structures, 2015, S. 794–808.

[12] Ashrafi, S. A., Sharif, S., Farid, A. A., Yahya, M. Y.: Performance evaluation of carbide tools in drilling CFRP-Al stacks, Journal of Composite Materials, 17, S. 2071–2084.

[13] Neugebauer, R., Ben-Hanan, U., Ihlenfeldt, S., Wabner, M., Stoll, A.: Acoustic emission as a tool for identifying drill position in fiber-reinforced plastic and aluminum stacks, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2012, S. 20–26.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?