

# Hybridbauteile aus CFK und Aluminiumdruckguss

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft

B.Eng. Daniel Schwarz



## Inhalt

- **Motivation**
- **Versuchsdurchführung**
- **Versuchsauswertung**
- **Fazit und Ausblick**

## Motivation

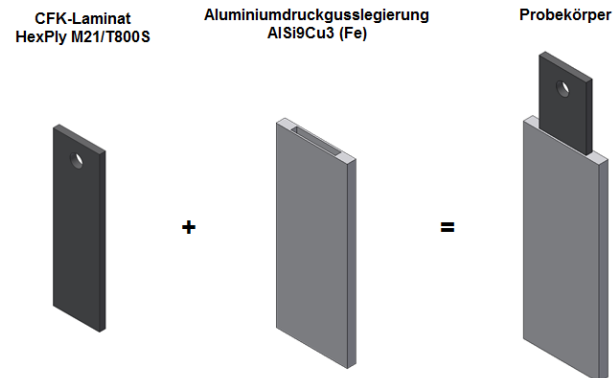
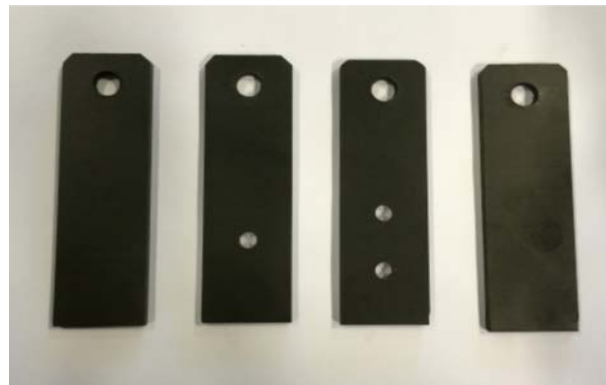
**Realisierbarkeit von CFK-Aluminiumhybridbauteilen durch  
Umgießen eines CFK-Laminats ohne thermische Schädigung des  
Laminats**



**Aluminium- und CFK-Bauteile im BMW i3 (Quelle: BMW AG)**

## Versuchsvorbereitung

Vorbereitung von CFK-Laminaten mit 2 und 4 mm Wandstärke



### Eingesetzte CFK-Lamine

#### CFK-Prepreg HexPly® M21/T800S

- Keine Bohrung (rein kraftschlüssige Verbindung)
- 1 und 2 Bohrungen (formschlüssige Verbindung)
- Mit Graphitlack besprühte Oberfläche

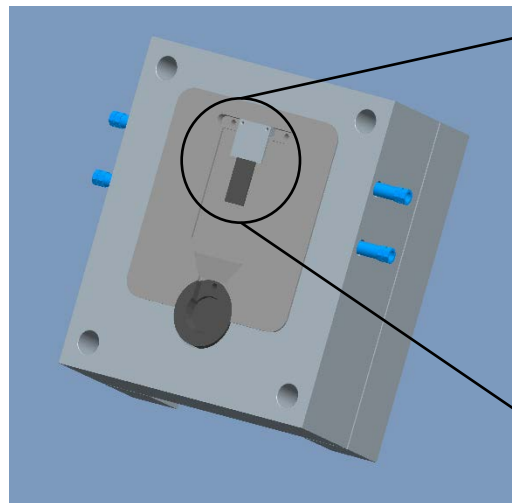
## Versuchsdurchführung

Versuchsdurchführung an der Kaltkammerdruckgießmaschine Frech DAK400-40

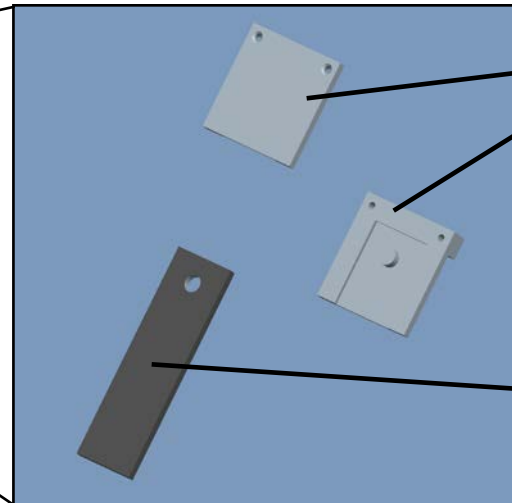


## Versuchsdurchführung

CAD-Modell des Druckgießwerkzeugs



**Bewegliche Formhälfte**

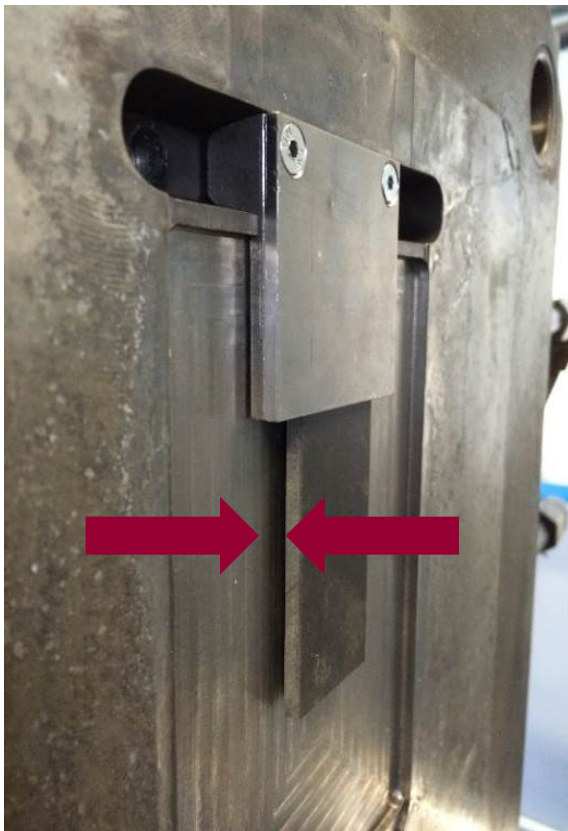


Fixierung

CFK-Laminat

**CFK-Aufnahme**

## Versuchsdurchführung



Insgesamt wurden 50 Proben mit folgenden Gießparametern gegossen:

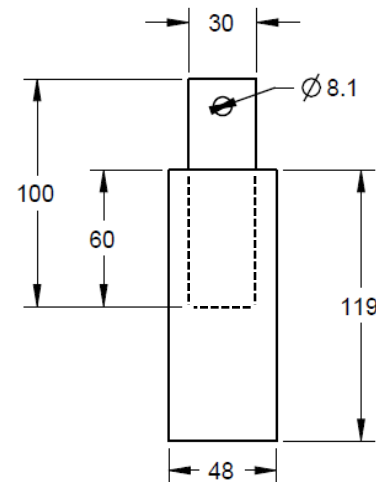
- Kolbengeschwindigkeit: 2 m/s und 4 m/s
- Schmelztemperatur: 690°C
- Werkzeugtemperatur: 290°C
- Spezifischer Nachdruck: 1000 bar

Die Proben mit 2 und 4 mm Dicke wurden mit AlSi9Cu3 (Fe) mit einer Wandstärke von 1 mm umgossen

## Versuchsdurchführung



CFK Probekörper mit 2 mm und 4 mm



Abmessungen der Proben

Äußerlich keine Schädigung des Laminates sichtbar

Weitere Untersuchungen mittels:

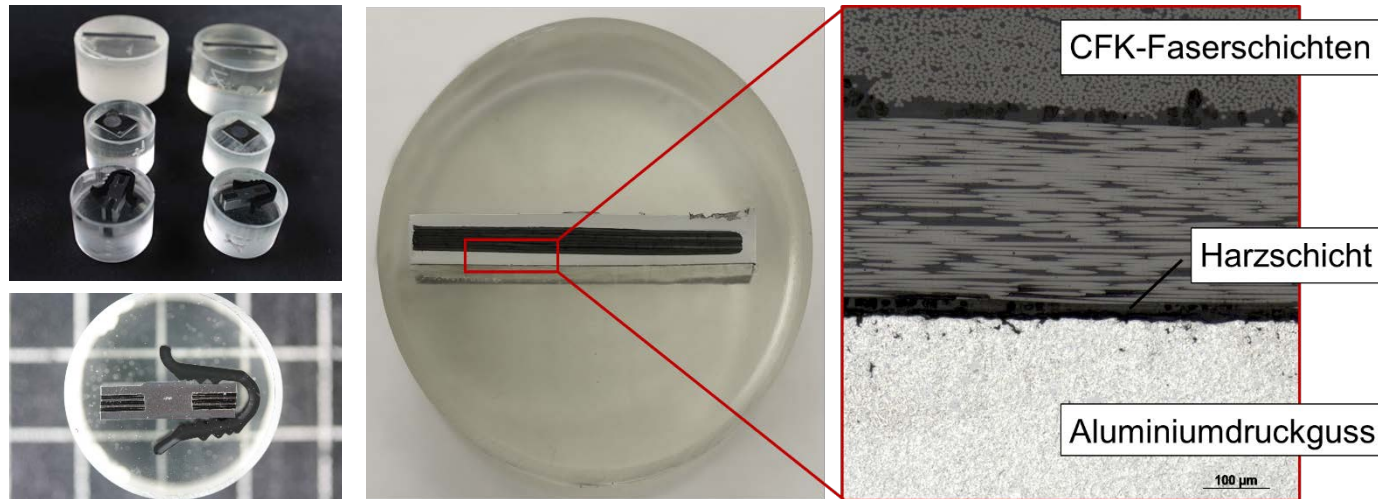
- CT- und Röntgenaufnahmen
- Schliffbilder
- Pull-Out-Tests



## Untersuchung der Probekörper

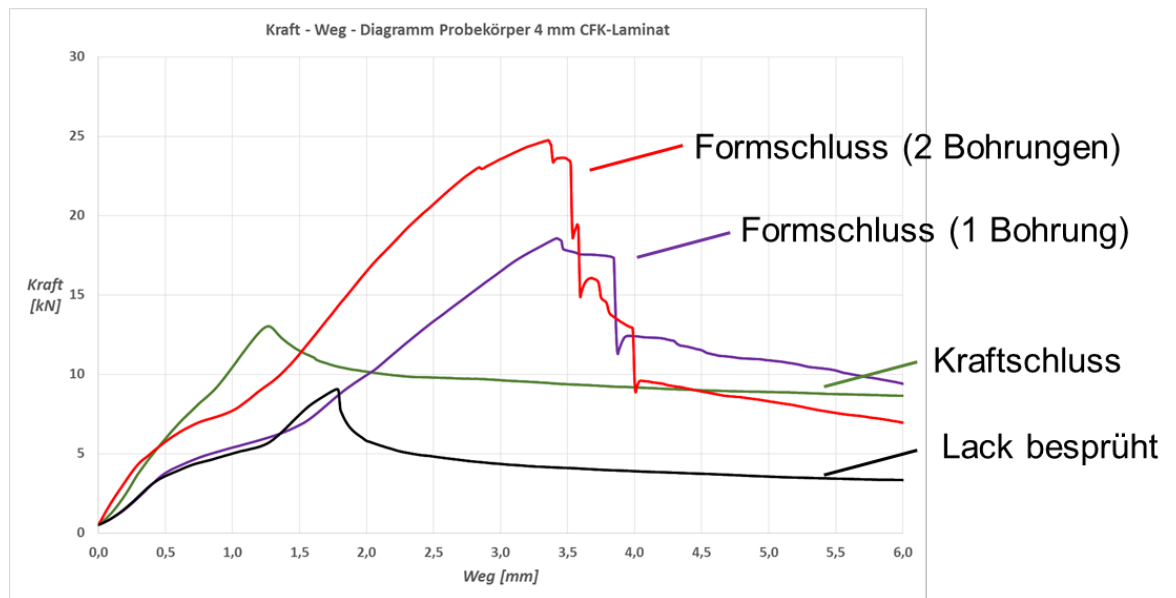
Schliffbilder:

Minimale Poren im Übergangsbereich zwischen CFK - Laminat und Aluminiumguss



## Untersuchung der Probekörper

Durchführung von Pull-Out-Tests an der Zugprüfmaschine



## Untersuchung der Probekörper

### Ergebnisse der Pull-Out-Tests

Probe	CFK-Variante	Kolben- geschwindigkeit	Durchschnittliche Maximalkraft [kN]	Durchschnittliche Scherkraft [kN]	Durchschnittliche Haftreibung [kN]	Durchschnittliche Spannung [MPa]
<b>Serie 9</b>	Keine Bohrung	4 m/s	13,9	0,0	13,9	116,1
<b>Serie 10</b>	Eine Bohrung		18,0	4,0	14,0	149,8
<b>Serie 11</b>	Zwei Bohrungen		24,3	10,3	14,0	202,2
<b>Serie 12</b>	Lack besprüht		8,7	0,0	8,7	72,8
<b>Serie 13</b>	Keine Bohrung	2 m/s	10,9	0,0	10,9	90,9
<b>Serie 14</b>	Eine Bohrung		15,3	4,4	10,9	127,6
<b>Serie 15</b>	Zwei Bohrungen		21,0	10,1	10,9	175,0
<b>Serie 16</b>	Lack besprüht		6,7	0,0	6,7	55,7

## Fazit

- Umguss von CFK - Laminaten ist im Druckguss möglich
- Hohe Zugfestigkeitswerte von bis zu 200 MPa im Pull-Out-Test
- Minimale Porenentstehung durch Wärmeeinwirkungen

## Ausblick

- Untersuchung der Kontaktkorrosion geplant
- Weitere Versuche mit Magnesium geplant
- Versuche mit innovativer Werkzeugkühlung

# Veröffentlichung in der Zeitschrift GIESSEREI 01/2016

TECHNOLOGIE & TRENDS



## Hybridbauteile aus CFK und Aluminium-druckguss

VON DANIEL SCHWARZ, MARCEL BECKER, WALTER LEIS, ANDREAS HÄGER UND LÖTHAR KALLIEN, KALLEN

Für diese Arbeiten beschäftigten sich mit faserverstärkten Gusslegierungen. So wurde in [1] über eine Verstärkung von Magnesium-Lithium-Legierungen durch Kohlenstofffasern mit hohen spezifischen Festigkeiten berichtet. Dabei wurden die Faserkörper mit der schmelzflüssigen Legierung druckgefüllt.

Neue Arbeiten [2, 3] stellen erste Untersuchungen vor, die sich nicht nur mit kraftschlüssigen Verbindungen, wie Schraub- und Nietverbindungen zwischen Metall und CFK (Kohlenfaserverstärkte Kunststoffe), sondern auch mit stoffschlüssigen Verbindungen, wie dem Umgießen von CFK mittels Aluminiumdruckguss, befassen. Beim Umgießen wurden die Kunststofffasern mit der Aluminiumgusslegierung infiltriert, um neben der stoffschlüssigen auch eine formochlüssige Verbindung herzustellen. Darüber hinaus wurden auch Übergangsstrukturen untersucht [4, 5], um grundlegende Kenntnisse über die Gestaltung, Auslegung und das Versagerverhalten zu erhalten.

Durchführung der Untersuchungen  
Bei der hier beschriebenen Studie wurden CFK-Laminats in eine Druckgießform eingelegt und mit einer Aluminiumlegierung umgossen. Die CFK-Laminats waren herkömmlich und stülten durch die geringe Wanddicke, die bei Druckgießprozessen möglich ist, nur unwesentlich thermisch belastet werden [6].

In Detail wurde die Rollenbarkeit des Umgießens von CFK-Prepregs des Typs

Aluminium- und CFK-Bauteile im BMW 3

**KURZFASSUNG:**  
Der einhaltende Trend zum Leichtbau fordert innovative Werkstoffverbunde. In der Vergangenheit wurden Bauteile, die aus CFK (Kohlenfaserverstärkte Kunststoffe) und Aluminium bestehen, bevorzugt geklebt, genietet oder verschraubt. Daraus resultierende Nachteile sind die aufwendige Vorbehandlung der Klebeflächen sowie die zusätzliche Gewichtserhöhung bei Niet- und Schraubverbindungen.

In der hier beschriebenen Studie wurden CFK-Laminats in eine Druckgießform eingelegt, mit einer Aluminiumlegierung umgossen und untersucht.

Probekörper

Die Spannungen sind auf die Querschnittsfläche des

Durchschnittliche Scherkraft in kN	Durchschnittliche Mittellast in kN	Durchschnittliche Spannung in MPa
5,0	13,9	118,1
4,0	14,0	149,8
16,3	14,0	205,2
5,0	6,7	77,8
5,0	10,9	90,9
4,4	10,9	127,8
16,1	10,9	170,6
5,0	6,7	55,7

mit Abmessungen.

Die Aufnahme des Verbundes

Die vom Aluminiumdruckguss umlassene Mantelfläche beträgt bei den mm dicken Laminats 4080 mm<sup>2</sup>. Die Reibungskraft bei Gießreibung im Pull-out-Test ist proportional zur Normalkraft, die der die beiden Werkstoffe durch das Schrumpfen der Aluminiumlegierung zusammengepresst werden. Unbekannt ist die Reibungskoeffizienten  $\mu$  für Niet- und Schweißverbindungen.

Aus der Änderung der Zugkraft während des Pull-out-Tests kann auf den Spannungsverlauf geschlossen werden, da die schlossene Fläche um 88 mm<sup>2</sup> pro mm seitlich abnimmt ( $\Delta F = \text{Kraftänderung} / \mu \cdot \text{Wegänderung}$ , Bild 9). Dieser Anpressdruck aus Pressfläche und Kraftübertragung pro Fläche beträgt damit 30 N/60 mm<sup>2</sup> = 5 MPa. Daraus kann die erforderliche zu umgebende Fläche zu CFK-Laminats berechnet werden, um man die maximale Zugfestigkeit des mittels von 1000 MPa erreichen sollte.

Die Kraft zum Abschneiden des mitgeschlossenen Verbindungsfahns beträgt im untersuchten Fall 6 kN. Da die Bohre bei 6 mm Durchmesser eine Querschnittsfläche von 27 mm<sup>2</sup> aufweisen, ist für das Abschneiden der Aluminiumbindung (Zugfestigkeit angenommen mit 240 MPa) eine Spannung von ca. 193 MPa erforderlich.

Anstelle der Stoffe könnte durch eine Aluminierung des CFK-Laminats die Pull-out-Kraft erheblich gesteigert werden, da die

44 GIESSEREI 01/2016

45 GIESSEREI 01/2016

46 GIESSEREI 01/2016

48 GIESSEREI 01/2016

Literatur:  
 [1] Kallien, L., Schweighofer, A., Schemme, K., Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde: Symposium der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde, Chemnitz, 1992, S. 25-32.  
 [2] Canadian Metallurgical Quarterly 33 (1994), Nr. 12, S. 259-264  
 [3] Clausen, J.; E. Lange Folienpräparieren: CFK-Aluminium-Übergangsstrukturen. Fraunhofer IPA, Bremen, 2013.  
 [4] Gießerei 101 (2014), Nr. 11, S. 74-77.  
 [5] DFG Forschergruppe 1224 „Schwarz-Stein“, www.forscherverbund.de, Zugriff: 27. Mai 2015.  
 [6] Leibniz-Institut für Materialforschung und -prüfung, Aachen, 2014.  
 [7] Technical data sheet TR005, Toycon Fibres America, LLC, Santa Ana, http://www.toycon.com/pdf/TR005\_DataSheet.pdf.  
 [8] Product data Hevly M21, Hencel Corporation, Stamford, USA, 2001.

anstatt Verpressen:  
 in den Produktions-  
 2016!

nortec-hamburg.de

Hamburg Messe

- 13 -