Hochschule Aalen

Hybridbauteile im Druckgießverfahren

Daniel Schwarz

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
FORSCHUNG AN FACH HOCHSCHULEN
SmartPro

Hochschule Aalen

„Smarte Materialien und intelligente Produktionstechnologien für energieeffiziente Produkte der Zukunft“

- Bundesweiter Wettbewerb „Starke Hochschulen – Impuls für die Region“
- Konzept zum nachhaltigen Ausbau des regionalen Kooperationsnetzwerks
- Hochschule Aalen unter den 10 Gewinnern (81 Anträge)
- Laufzeit: 4 Jahre (Verlängerung möglich)
- BMBF-Förderung: ca. 5 Mio. EUR plus > 850 TEUR Industriemittel

Vorstellung Impulsprojekt InDimat

InDimat (Projektlaufzeit: 4 Jahre, Beginn: 1. Mai 2017)

„Innovative Fügeverfahren und beanspruchungsgerechte Designkonzepte für hybride Leichtbau CFK-Multimaterialverbunde“

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

FKZ: 03FH4I03IA

Projektleitung:
Prof. Dr. Kallien

Teilprojekt 1:
Dr. Rimkus (Simulation)

Teilprojekt 2:
Prof. Dr. Riegel (Thermisches Direktfügen)
Prof. Dr. Knoblauch (Adhäsives Fügen)
Prof. Dr. Kallien (Druckumgießen)

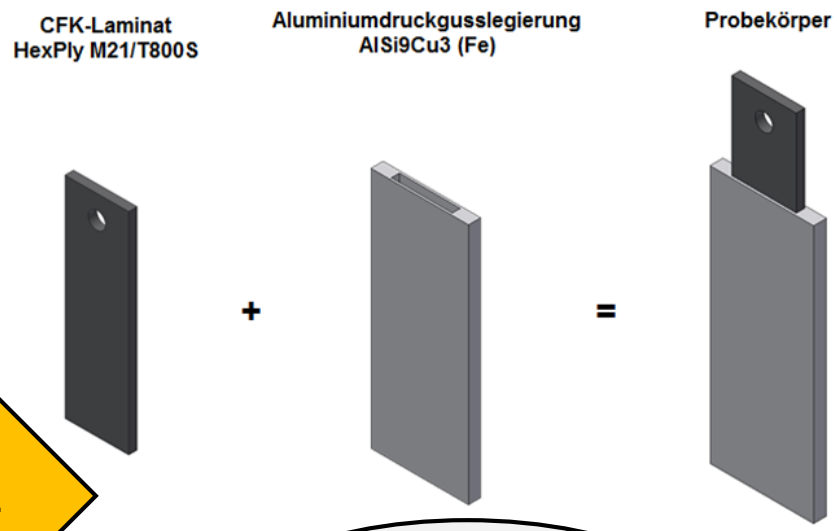
Teilprojekt 3:
Prof. Dr. Schuhmacher (Zerstörungsfreie Prüfung)

Hochschule Aalen

Stand der Technik

Fügeverbindungen CFK, Aluminium und Magnesium

Neuer Ansatz



Druckumgießen von CFK-Laminaten

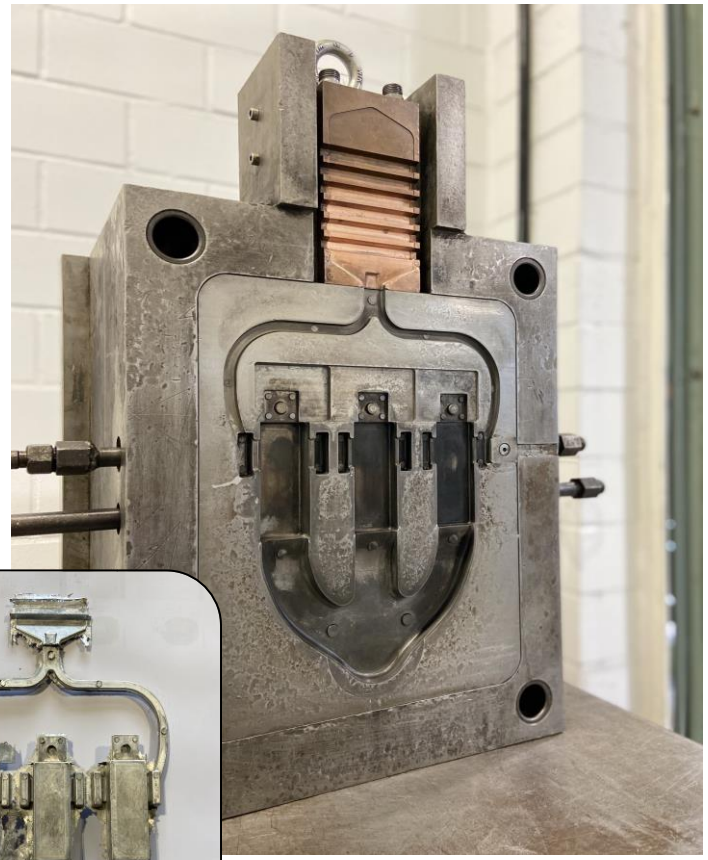
Entwicklung Druckgießwerkzeug

Hochschule Aalen

CFK-Umguss Plattengeometrie

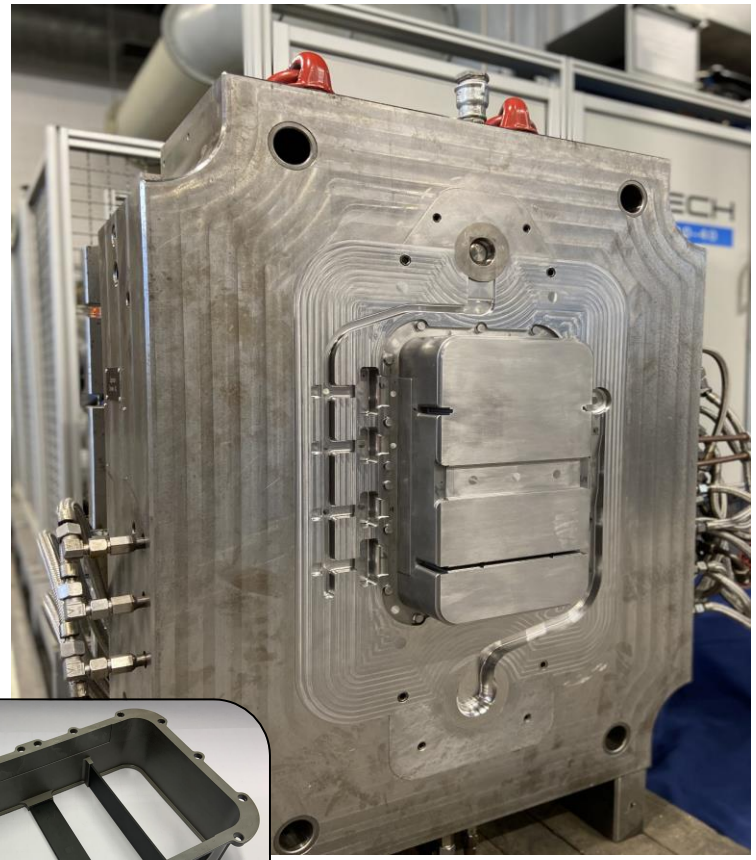
Wandstärke CFK	2 mm
Umgusswerkstoff	AlSi9Cu3
Umgusswandstärke	1 mm

3-fach Werkzeug mit variierenden Umguss-Wandstärken



Wandstärke CFK	4 mm
Umgusswerkstoff	AlSi10Mg, AM50
Umgusswandstärke	2, 4, 8 mm

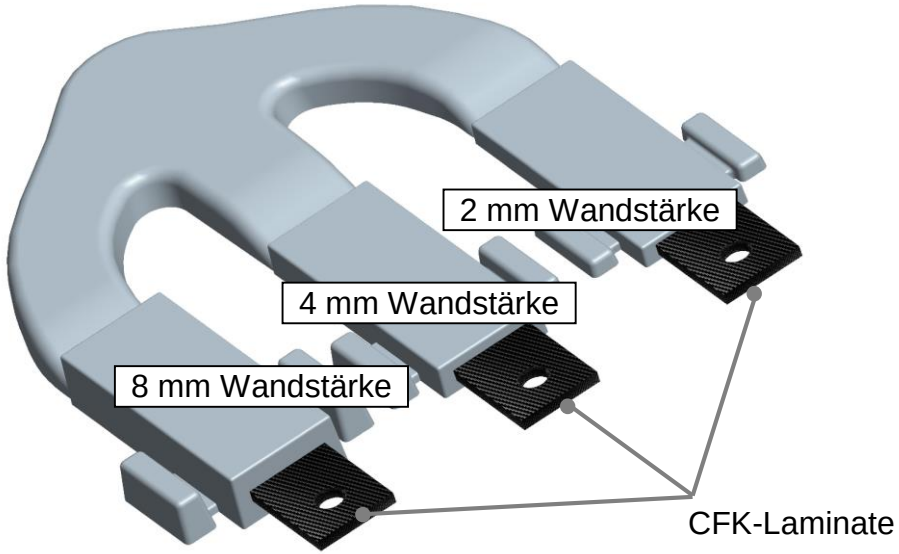
Demonstrator-Batteriegehäuse



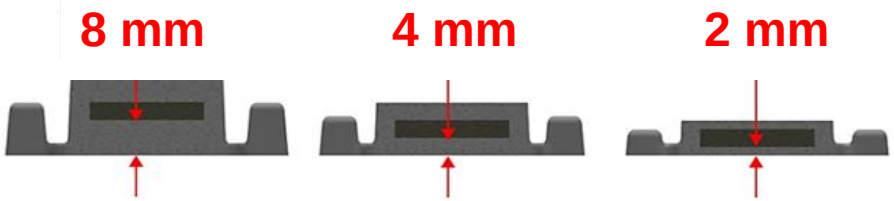
Wandstärke CFK	4 mm
Umgusswerkstoff	AlSi10Mg, AM50
Umgusswandstärke	2,5 mm

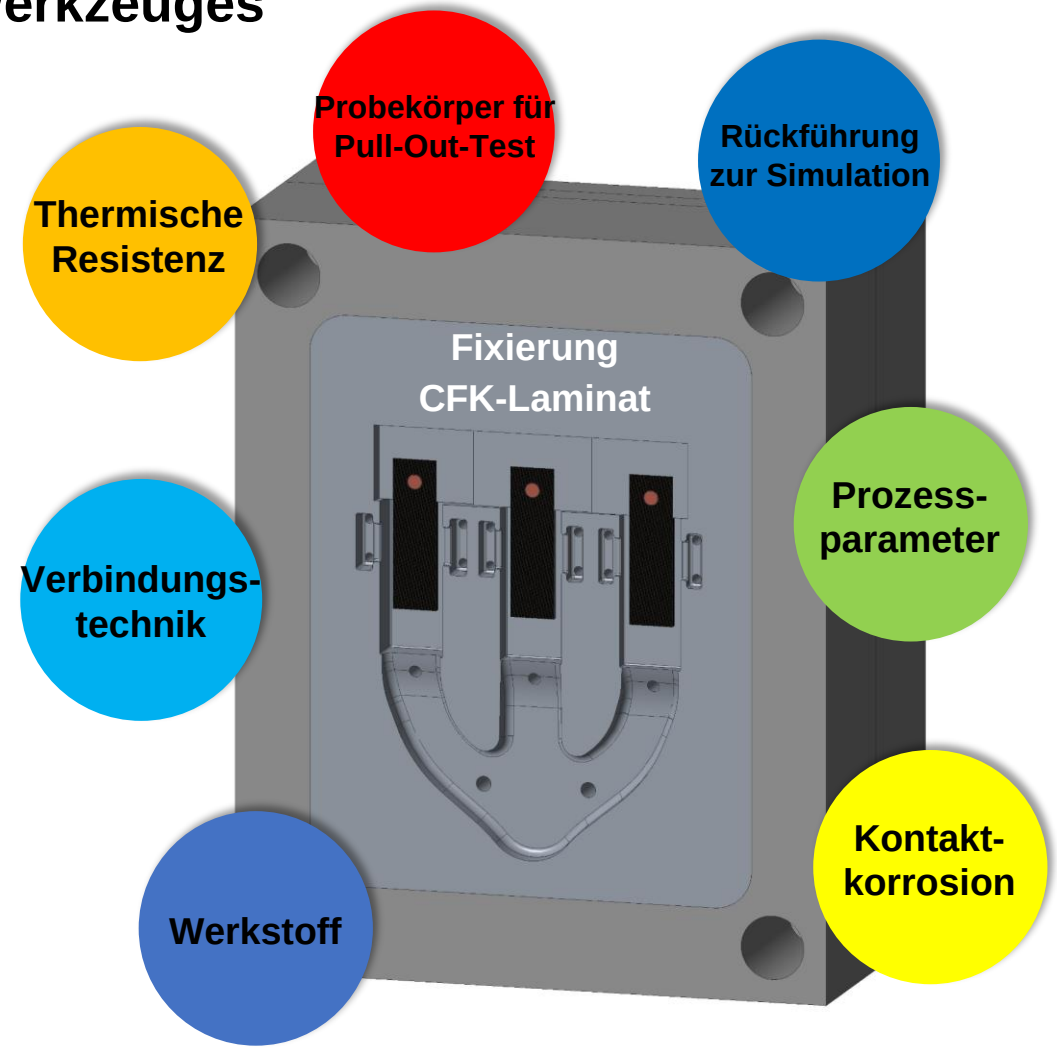
Hochschule Aalen

Konstruktion und Herstellung eines Druckgießwerkzeuges



CAD-Modell Bauteil mit variierenden Wandstärken

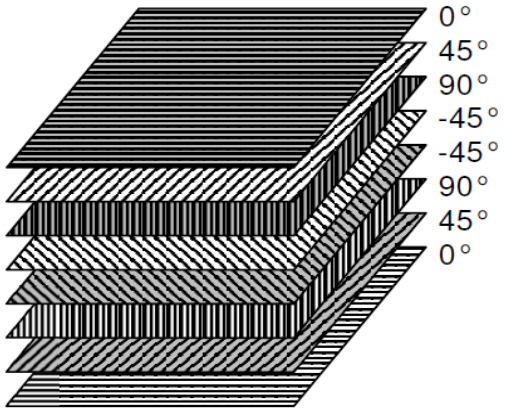




CAD-Modell bewegliche Formhälfte

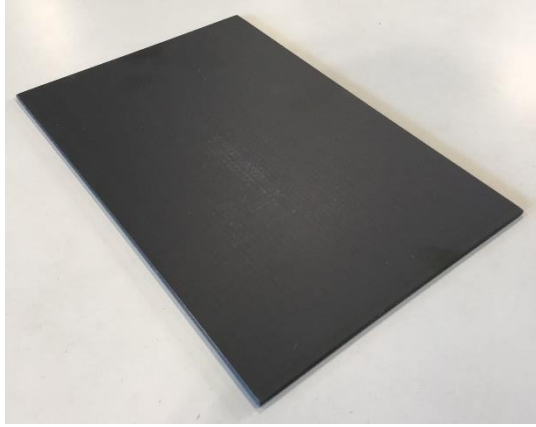
Hochschule Aalen

Verwendetes CFK: Prepreg HexPly® M21/T800S



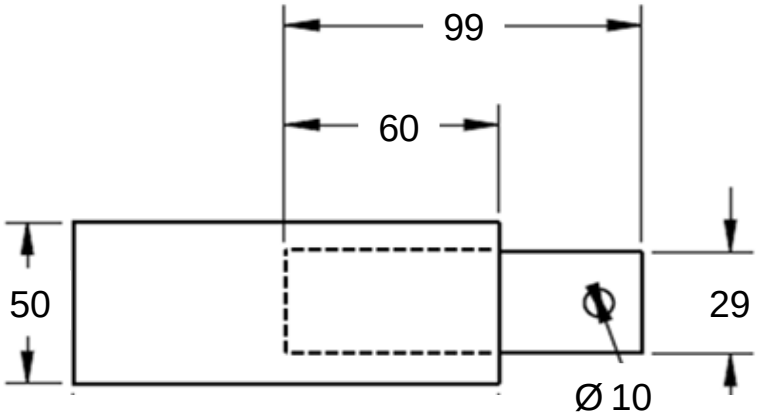
Laminataufbau M21/T800S

Mikrostruktur M21/T800S Lichtmikroskop (100x)



CFK-Rohlinge (300x200x4 mm)

➡ Anpassen der CFK-Rohlinge an die Geometrie der Druckgusseinsätze



Abmessungen der Probekörper CFK/Al/Mg

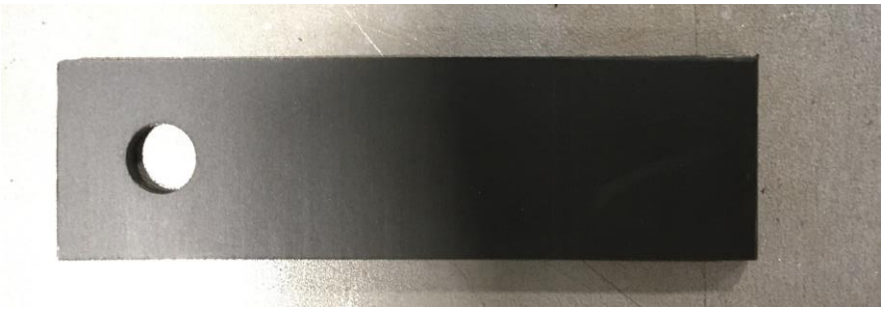
Magnesium/CFK Probeköper M5

Aluminium/CFK Probeköper 17

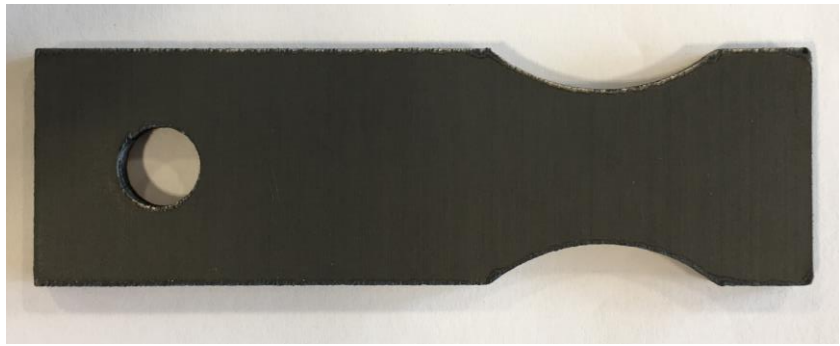
Hochschule Aalen

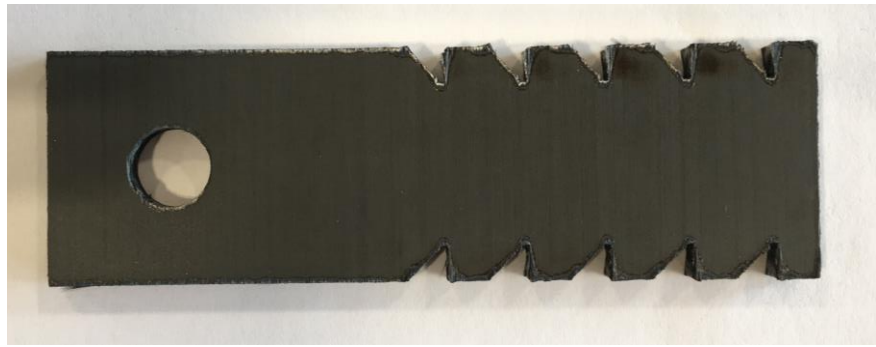
Anpassen der CFK-Rohlinge an die Geometrie der Druckgusseinsätze

- Sägen und Bohren



- Laserschneiden mittels CO_2-Laser (Fa. Trumpf)



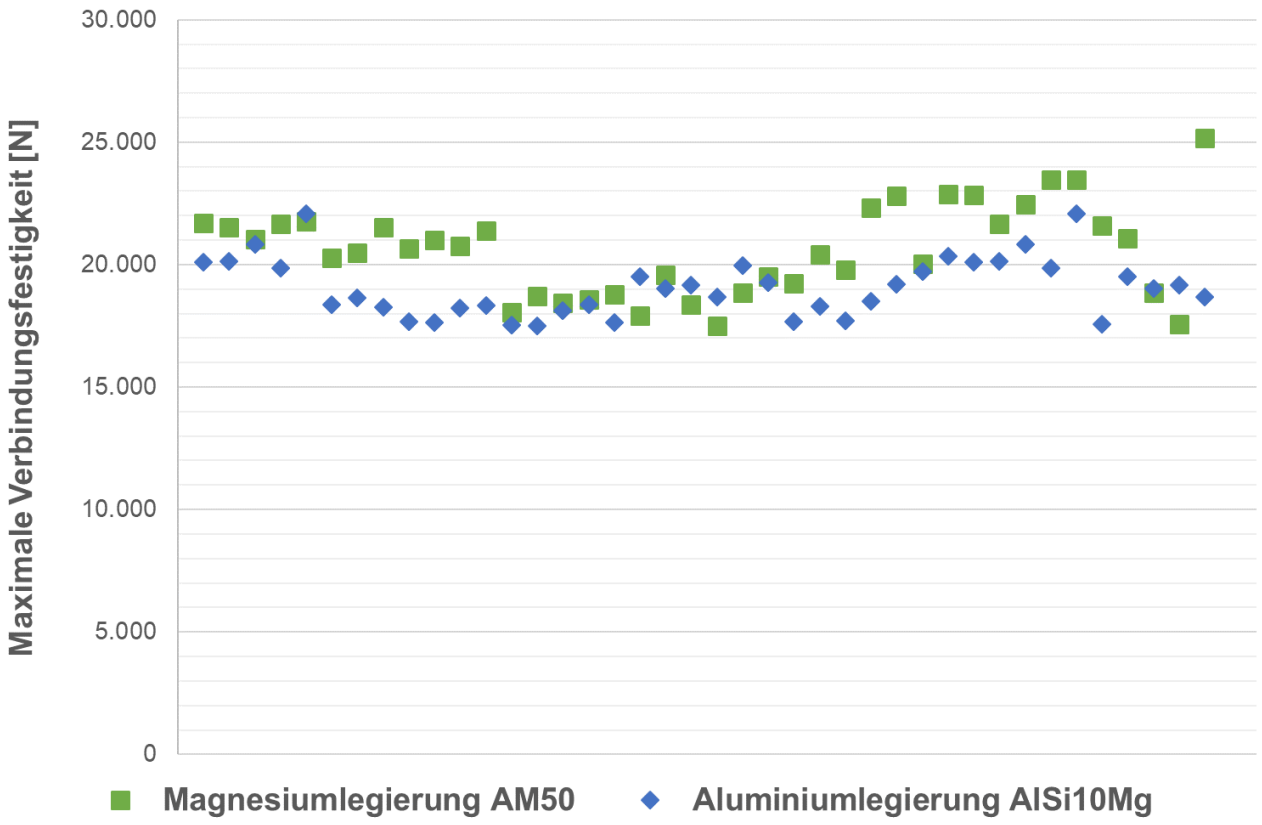


- Alternative: Wasserstrahlschneiden

Hochschule Aalen

Hohe Festigkeit der Verbindung CFK und Aluminium bzw. Magnesium von bis zu 2,5 Tonnen

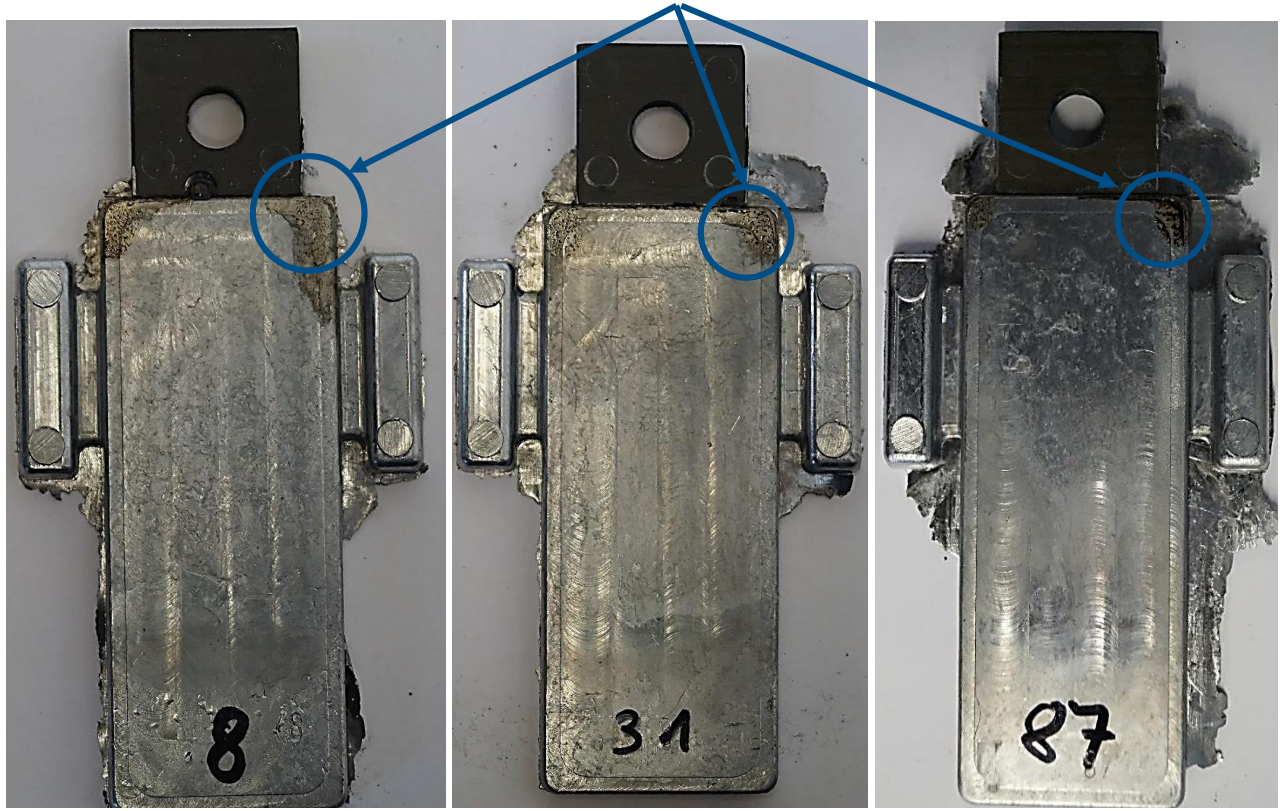
Probekörper CFK und Aluminium



Hochschule Aalen

Probekörper der Verbindung CFK und Aluminium bzw. Magnesium mit 2 mm Wandstärke

Leichte Reaktion mit Matrixsystem



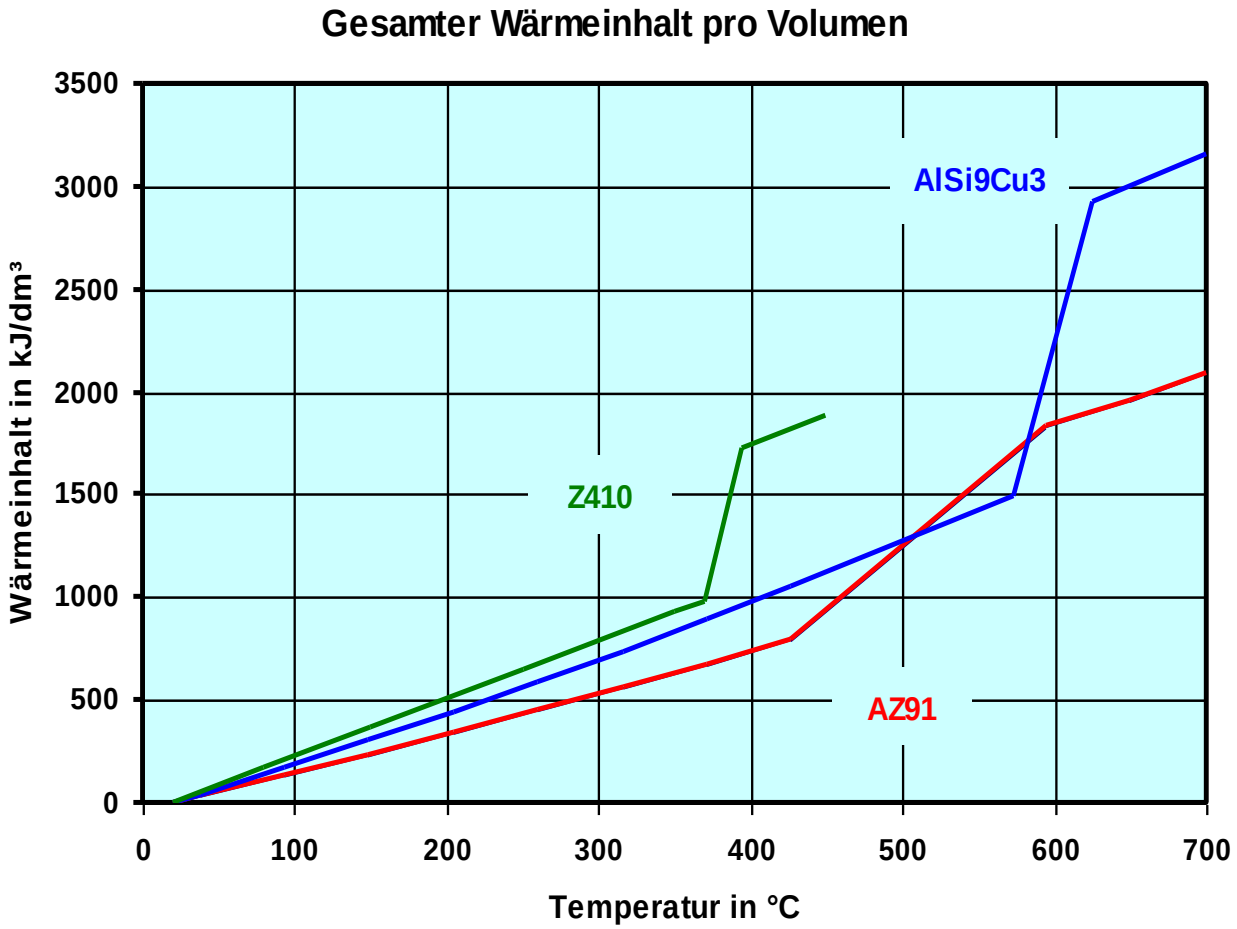
Anschnittgeschwindigkeit: 40 m/s
Spez. Nachdruck: 900 bar

Sehr geringe bis keine Reaktion mit Matrixsystem

Anschnittgeschwindigkeit: 40 m/s
Spez. Nachdruck: 900 bar

Untersuchung der Probekörper

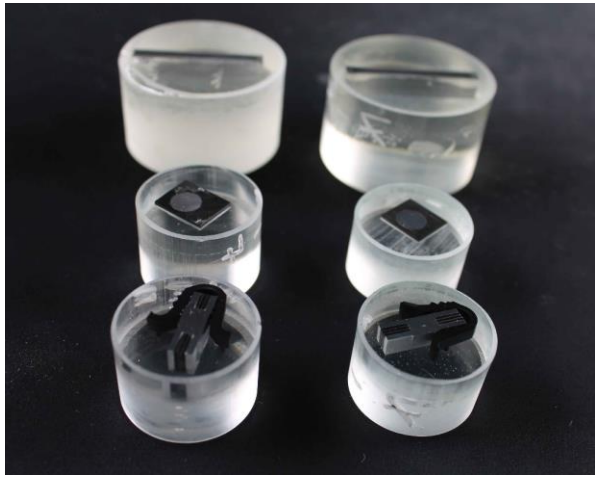
- Geringere Schädigung des CFK-Laminates bei Proben mit Magnesium
- Magnesium besitzt eine deutlich geringere Wärmeenthalpie gegenüber Aluminium

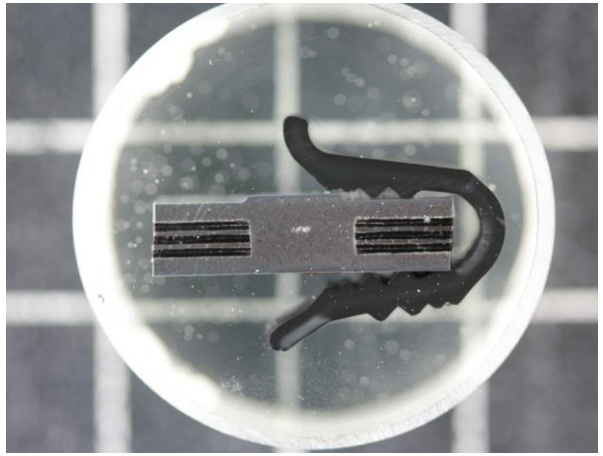


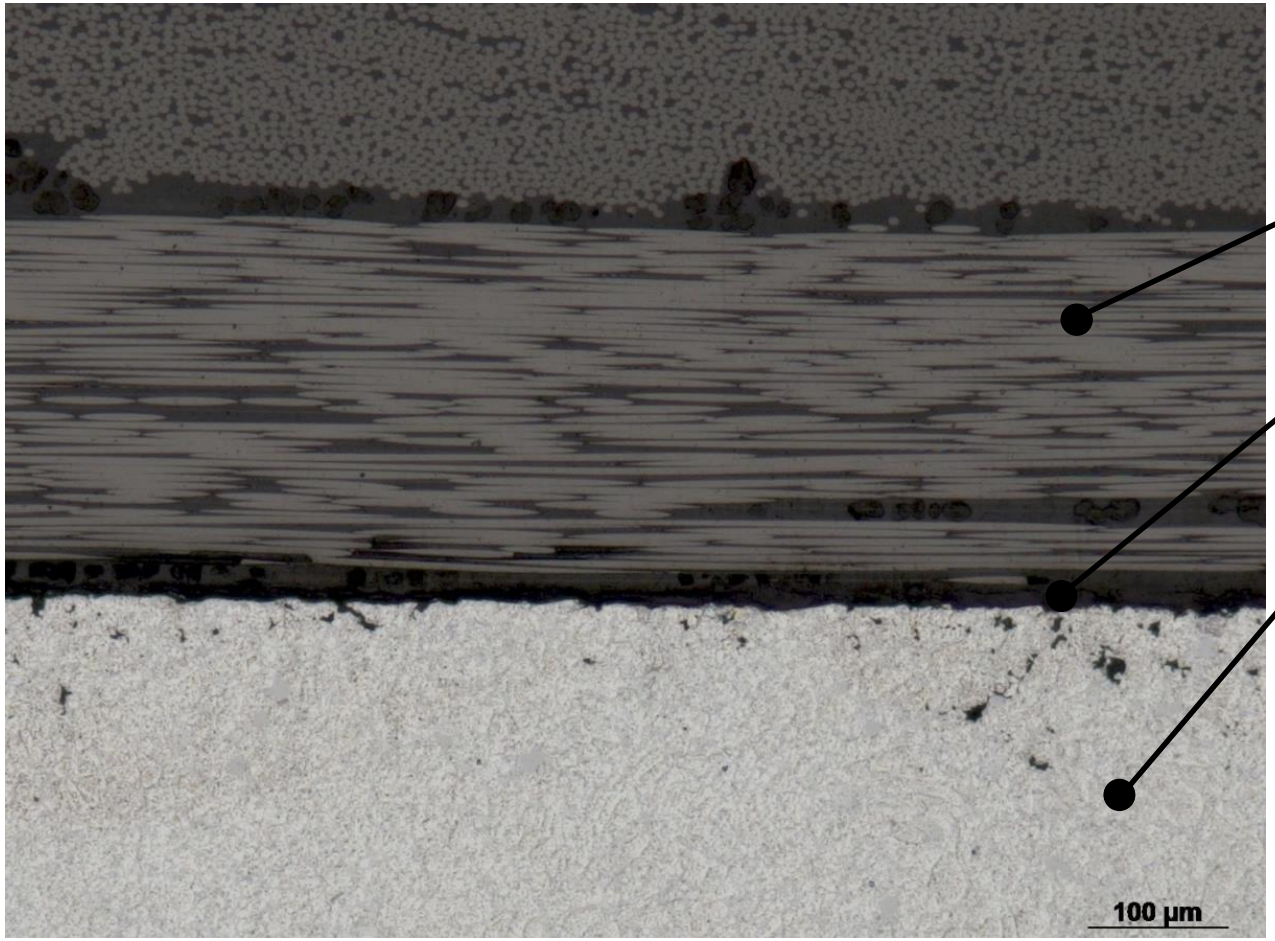
(Quelle: HS Aalen, Leis)

Hochschule Aalen

Querschliffaufnahmen der Probekörper







Faserschichten

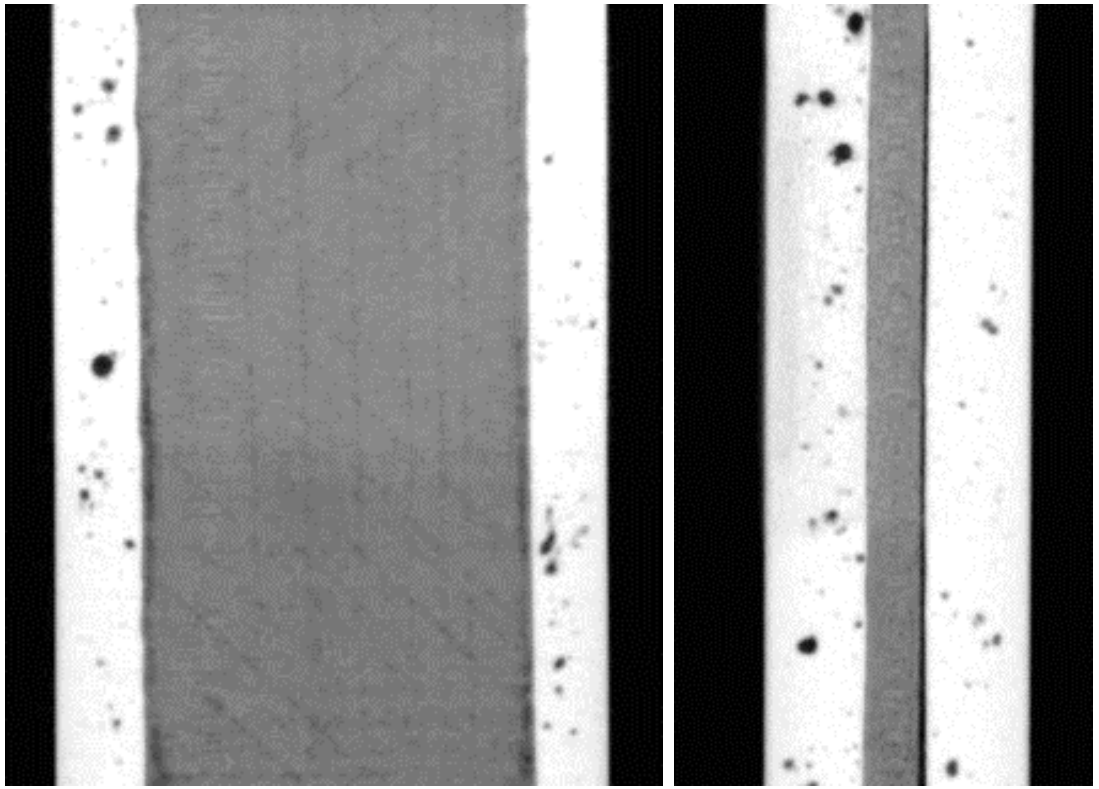
Harzschicht

Aluminiumdruckguss

Hochschule Aalen

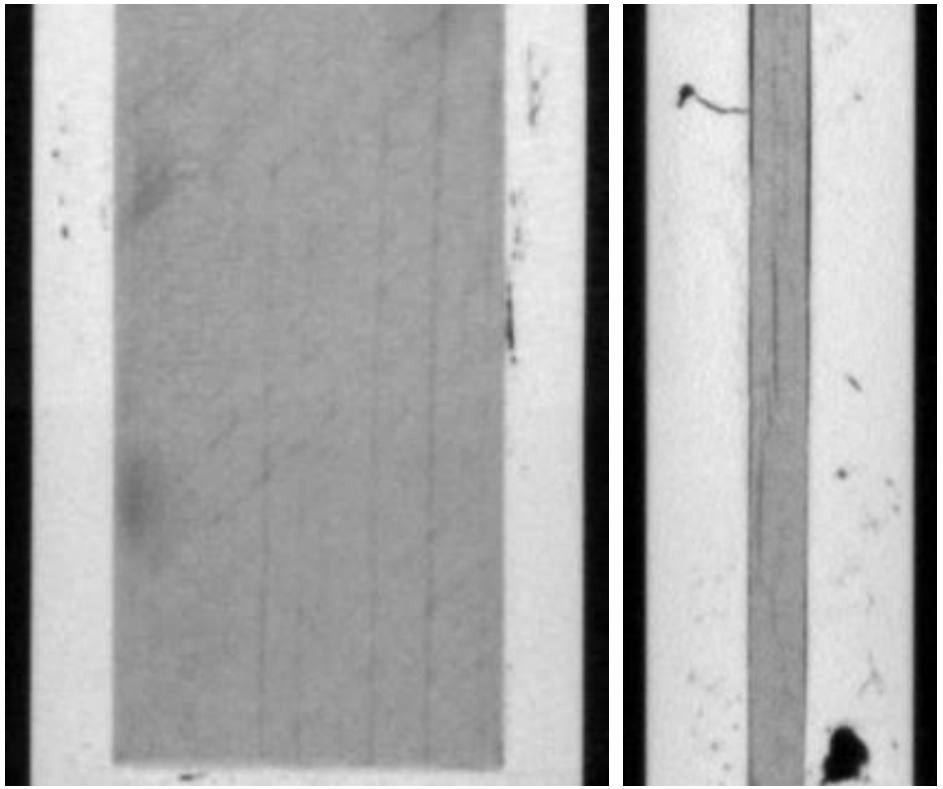
Probekörper mit 8 mm Wandstärke des Aluminiums bzw. Magnesiums

➡ Zersetzung der Kunststoffmatrix führt zu Porosität im Probekörper



CFK-Aluminium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit: **40 m/s**
Spez. Nachdruck: **600 bar**



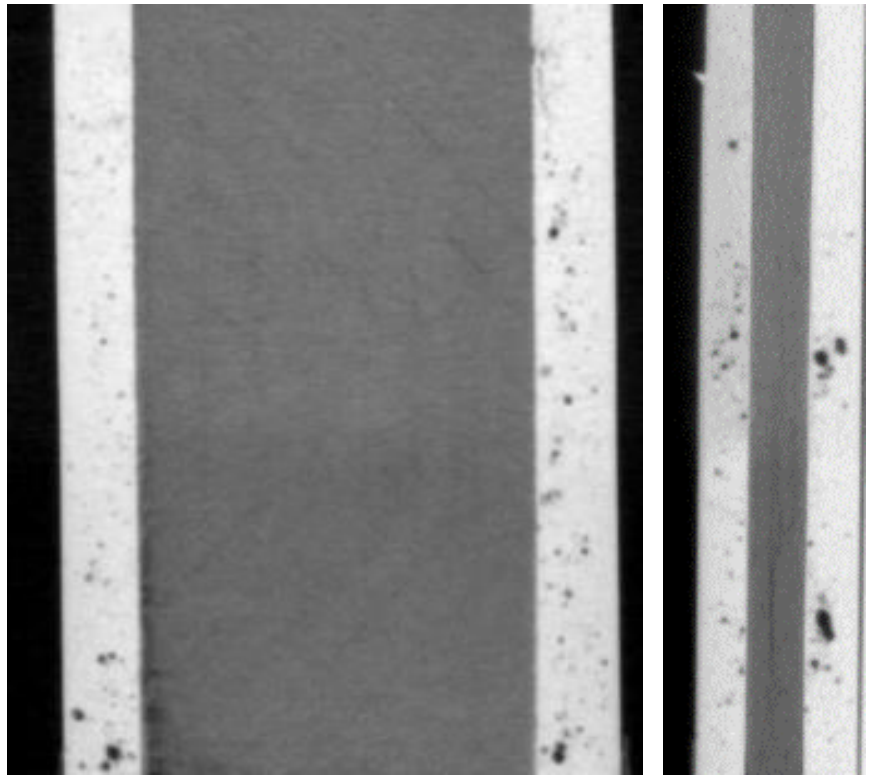
CFK-Magnesium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit : **40 m/s**
Spez. Nachdruck: **600 bar**

Hochschule Aalen

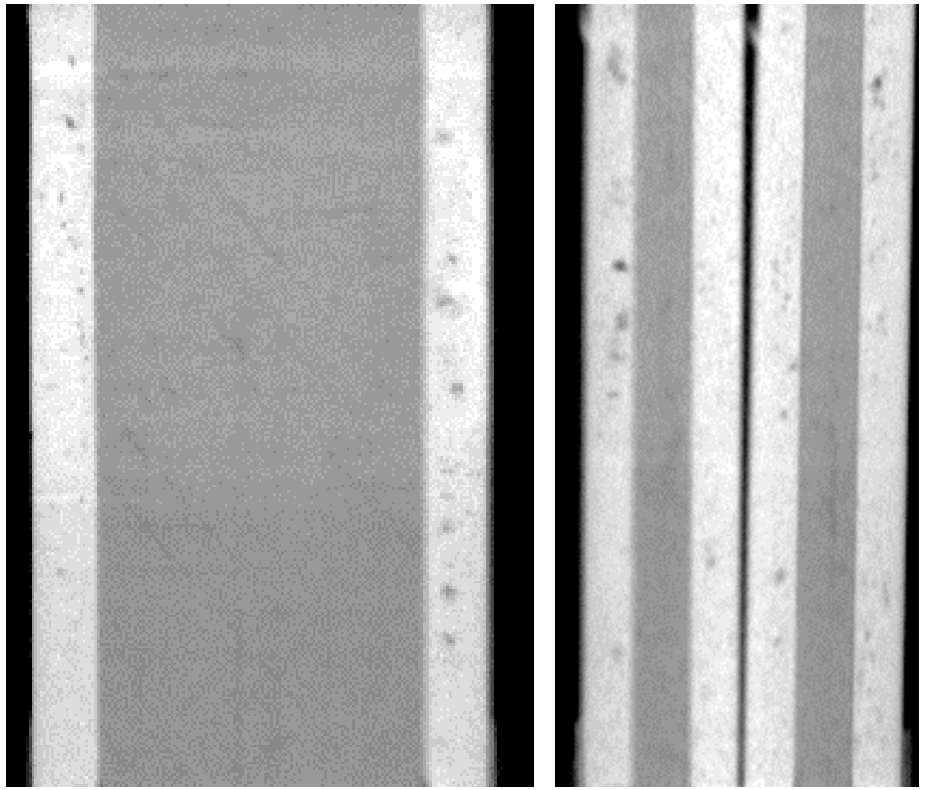
Probekörper mit 4 mm Wandstärke des Aluminiums bzw. Magnesiums

➡ 4 mm Proben weisen ebenfalls Fehlstellen auf



CFK-Aluminium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit: **40 m/s**
Spez. Nachdruck: **600 bar**



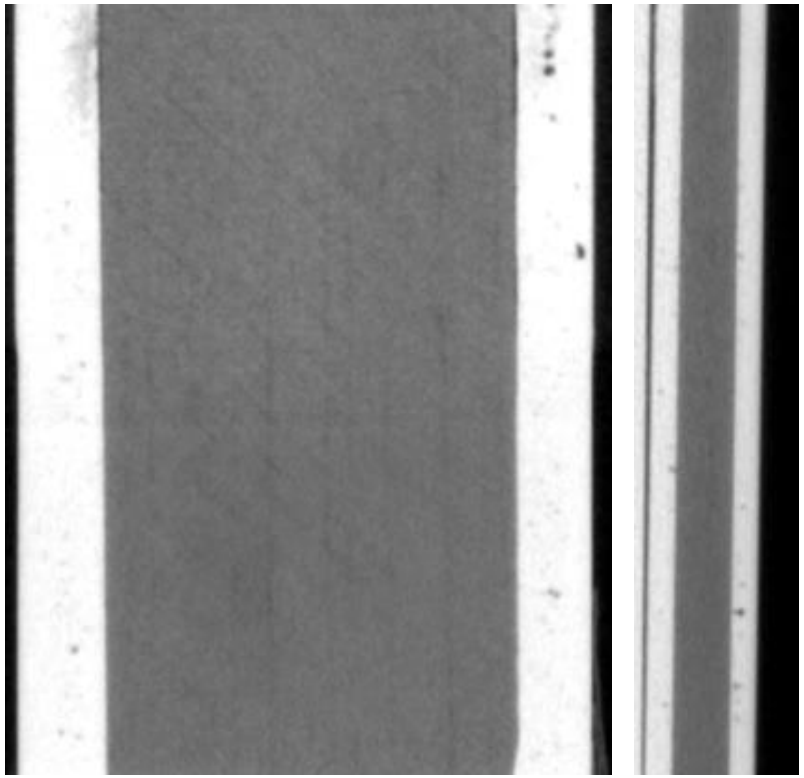
CFK-Magnesium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit : **40 m/s**
Spez. Nachdruck: **600 bar**

Hochschule Aalen

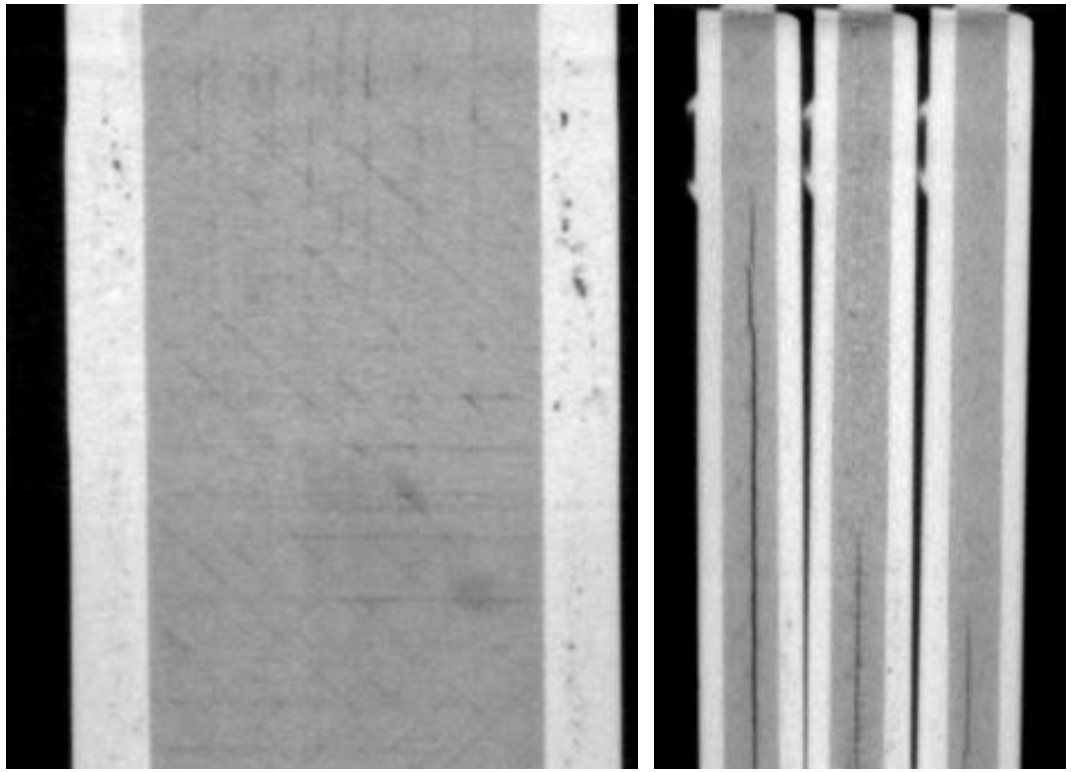
Probekörper mit 2 mm Wandstärke des Aluminiums bzw. Magnesiums

➡ 2 mm Proben weisen keine großen Fehlstellen auf



CFK-Aluminium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit: 40 m/s
Spez. Nachdruck: 600 bar

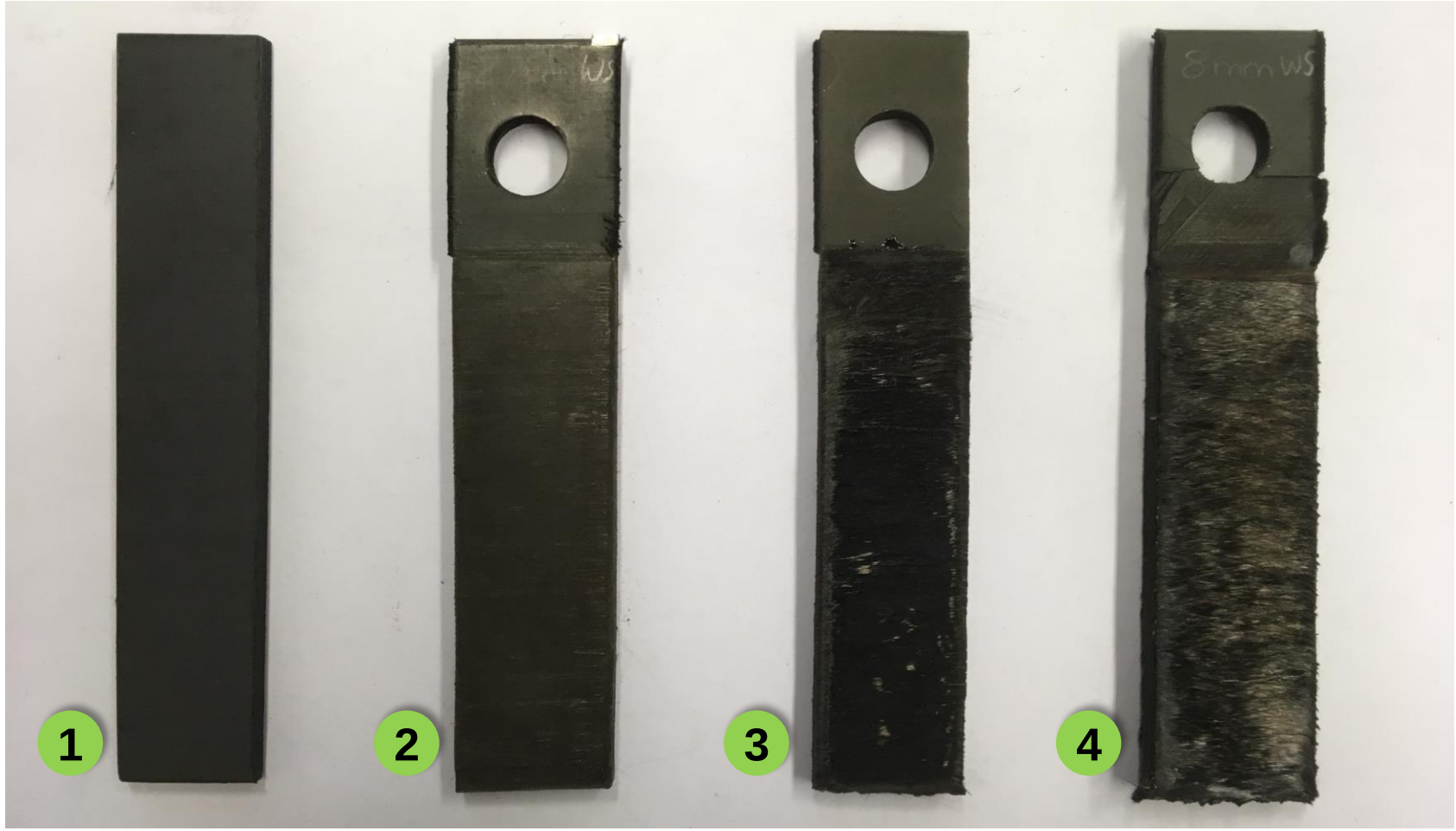


CFK-Magnesium Probekörper

Anschnittgeschwindigkeit : 40 m/s
Spez. Nachdruck: 600 bar

Hochschule Aalen

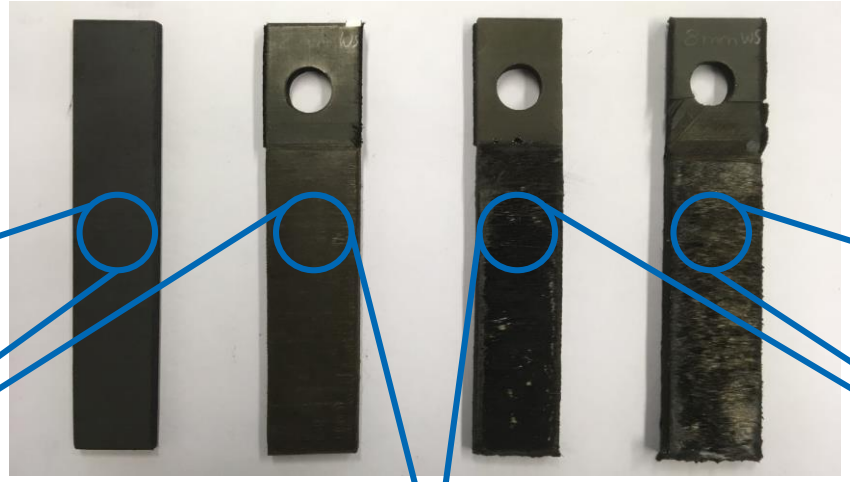
Trennen der Fügeverbindung CFK und Aluminium

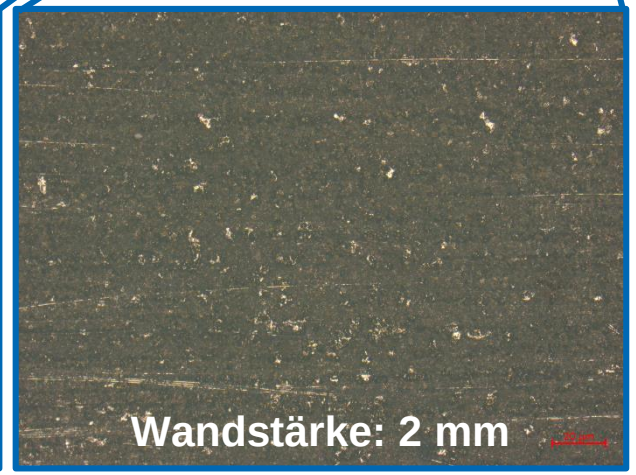


CFK-Rohling (nicht umgossen, 1), Umgusswandstärke 2 mm (2), Umgusswandstärke 4 mm, (3) und Umgusswandstärke 8 mm (4)

Hochschule Aalen

Proben mit variierenden Umgusswandstärken des Aluminiums von 2 mm, 4 mm und 8 mm

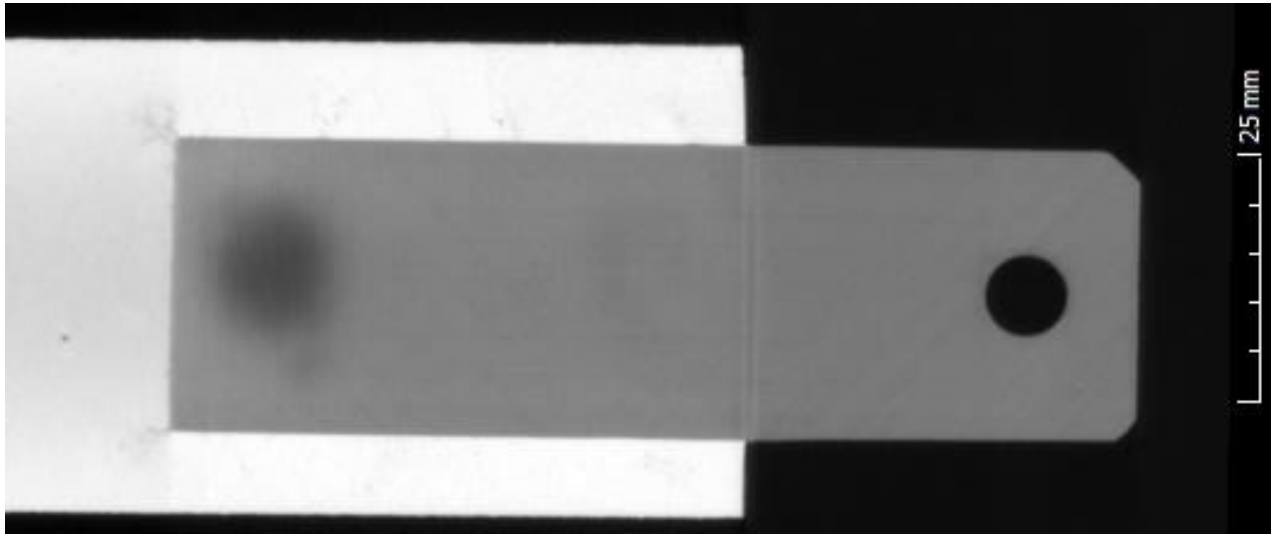




➡ Mit steigender Wandstärke des Aluminiums erhöht sich das „Abtragen“ der Kunststoffmatrix

Fazit Wandstärkenuntersuchung

- Proben mit variierenden Umgusswandstärken von 1 mm, 2 mm, 4 mm und 8 mm zeigen unterschiedliche „Schädigungen“ der Kunststoffmatrix des CFK-Laminates
- Hohe Schädigung des CFK-Laminates bei 8 mm Wandstärke des Aluminiums und Magnesiums
- Geringere Schädigung bei 4 mm Wandstärke des Magnesium gegenüber 4 mm Wandstärke des Aluminiums
- Proben mit 1 mm und 2 mm Wandstärke zeigen sowohl bei Aluminium als auch Magnesium sehr geringe Schädigungen des CFK-Laminates



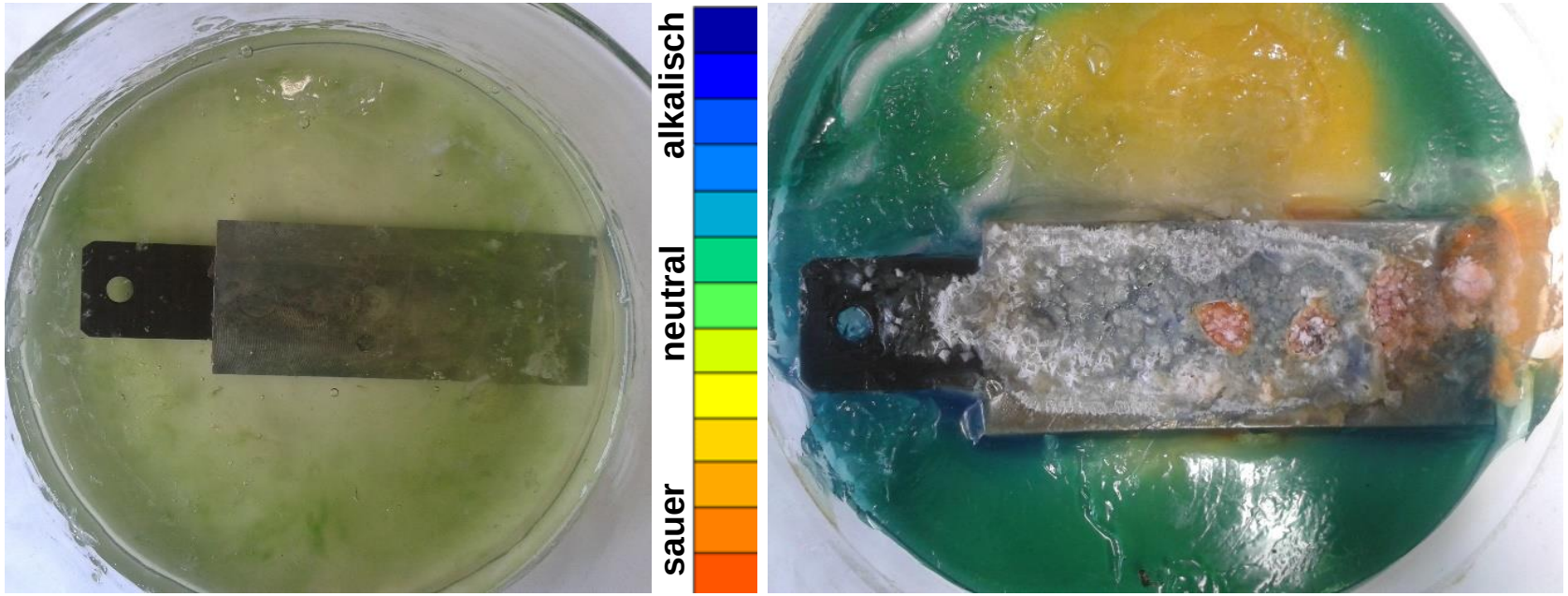
CT-Aufnahme eines Probekörpers mit 1 mm Aluminiumwandstärke

Hochschule Aalen

Untersuchung der Kontaktkorrosion

- Kohlefasern geraten prozessbedingt in Kontakt mit dem Leichtmetall
- Versuche mit NaCl geben ersten Eindruck über das Korrosionsverhalten

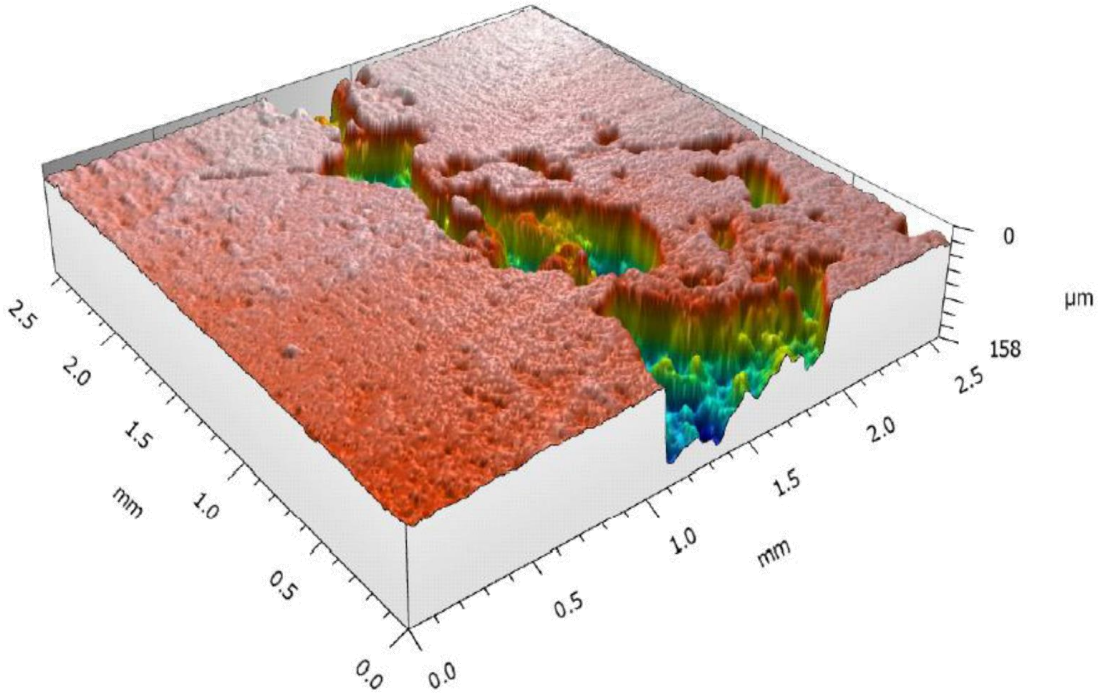
➡ Kathodische und anodische Reaktionen führen zu einer lokalen Veränderung des pH-Wertes, welcher durch einen Universalindikator sichtbar gemacht werden kann



Mit Agar angedickte 3,5 % NaCl-Lösung, eingebettetes Hybridbauteil
Links: Zu Beginn des Versuches, Rechts: Nach 14 Tagen Verweildauer

Hochschule Aalen

Topografische Untersuchung von Probekörpern nach der Salzbadbehandlung



Topografische Aufnahme eines Probekörpers CFK/Al
3,5 % NaCl-Lösung, 1 Woche.

Probekörper nach einer Woche in 3,5 % Salzlösung

Probekörper nach 6 Wochen in 3,5 % Salzlösung

IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH

Hochschule Aalen

➡ **Folgeprojekt:** Korrosionsprüfung für den hybriden Leichtbau (KorLe/KMU-Projekt)

Hochschule Aalen

Probenübersicht Serie B (K2) und Serie D (K4) aller NSS-Zyklen

C0 C1 C2 C3 C4 C5

Probenserie K2 CFK und Aluminiumlegierung AlSi10MnMg

C0 C1 C2 C3 C4 C5

Probenserie K4 CFK und Aluminiumlegierung Anticorodal-70 AlSi7Mg0,3

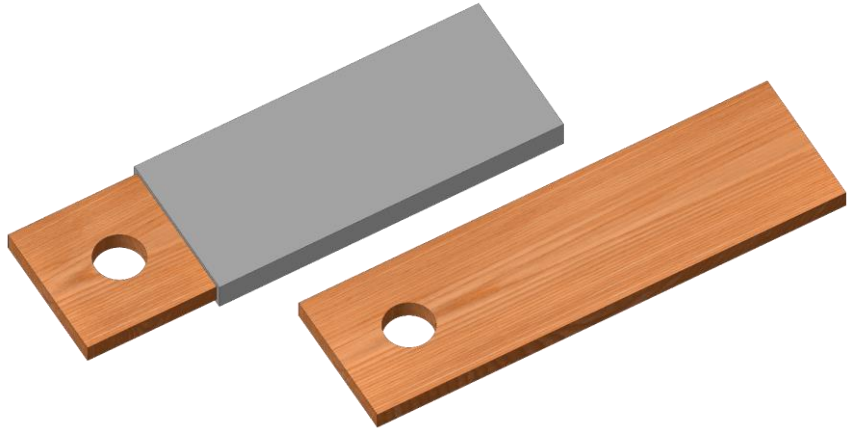
→ Deutlich höhere Korrosionserscheinungen bei Aluminiumlegierung AlSi10Mg

Hochschule Aalen

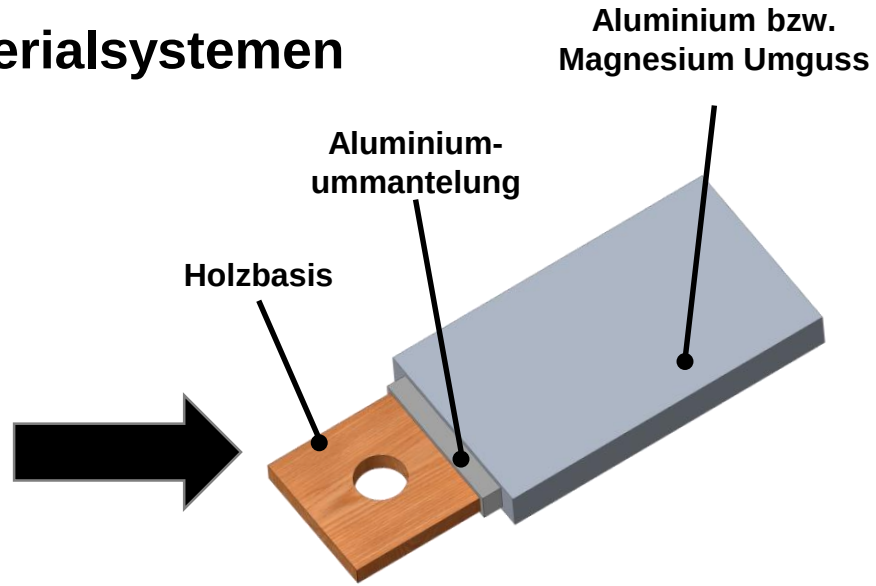
DLR

For(s)tschritt

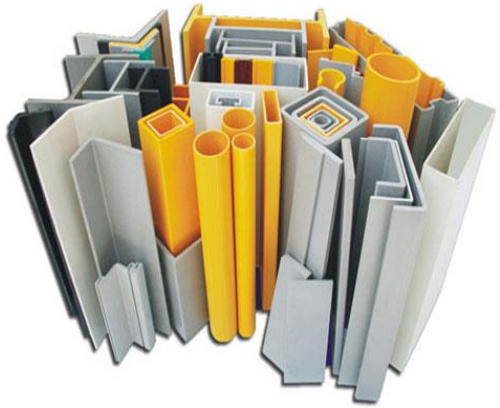
Umgießen von holzbasierten Materialsystemen



Holzeinlegeteile mit und ohne Aluminiumschutzschicht



Umgussprobe
Aluminium oder Magnesium



Mögliche Holz-/ Aluminium Profilstrukturen

Quelle: Vortrag VW; WerkstoffPlusAuto 2019

Hochschule Aalen

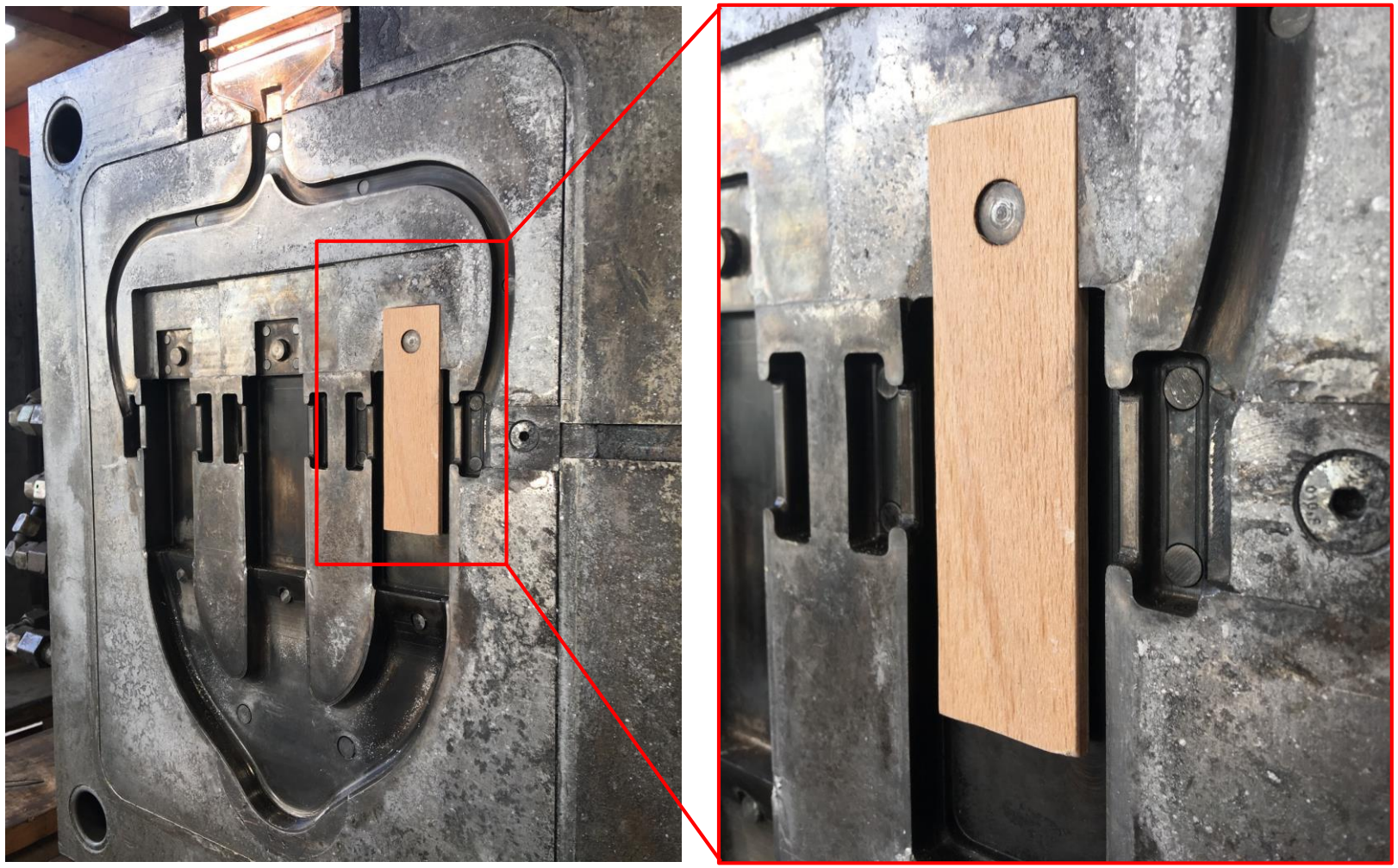
DLR

Druckumgießen von holzbasierten Materialsystemen

	V1	V2	V3	V4	V5	VV
Lage	Material					
1	Buche	Buche	AlMg3	AlMg3	AlMg3	Buche
2	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche
3	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche
4	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche	Buche
5		+		Buche	Buche	Buche
6		Epoxyd -harz		AlMg3		

Hybridbauteile im Druckgießverfahren

- **Fixierung der Holzbauteile in der Druckgießform**
- **Umgießen mit der Aluminiumdruckgusslegierung AlSi10Mg**



Optische Begutachtung der Hybridproben

- Thermische Beeinflussung der Einlegeteile bei Umgießen mit Aluminium
- Geringere Beeinflussung der Einlegeteile beim Umgießen mit Magnesium zu beobachten

Vergleich Hybridproben mit Aluminium (links) und Magnesium (rechts)

Optische Begutachtung der Hybridproben

- Thermische Beeinflussung der Einlegeteile bei Umgießen mit Aluminium
- Geringere Beeinflussung der Einlegeteile beim Umgießen mit Magnesium zu beobachten

Vergleich Hybridproben mit Aluminium (links) und Magnesium (rechts)

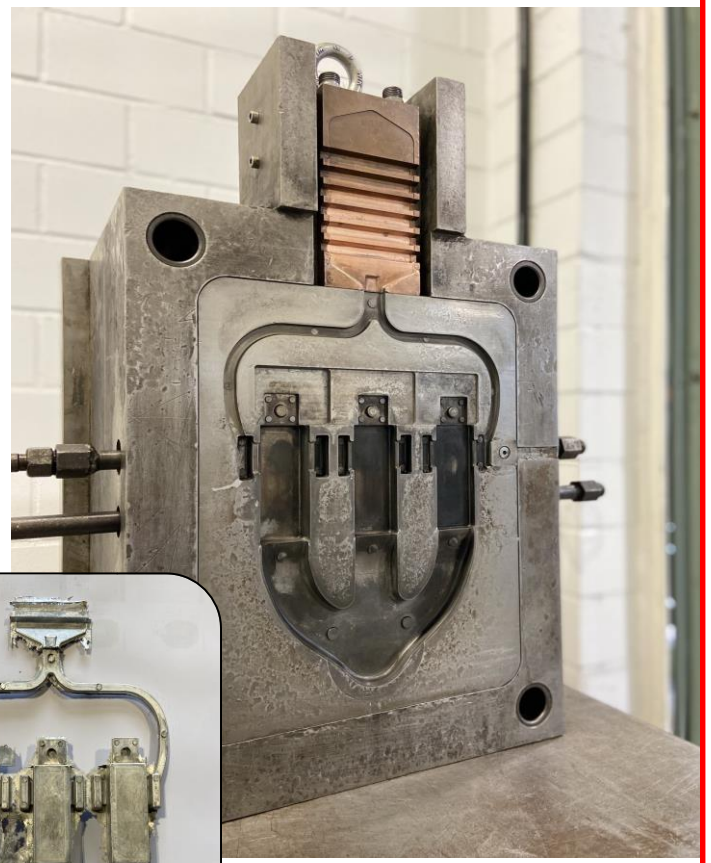
Entwicklung Druckgießwerkzeug

Hochschule Aalen

CFK-Umguss Plattengeometrie

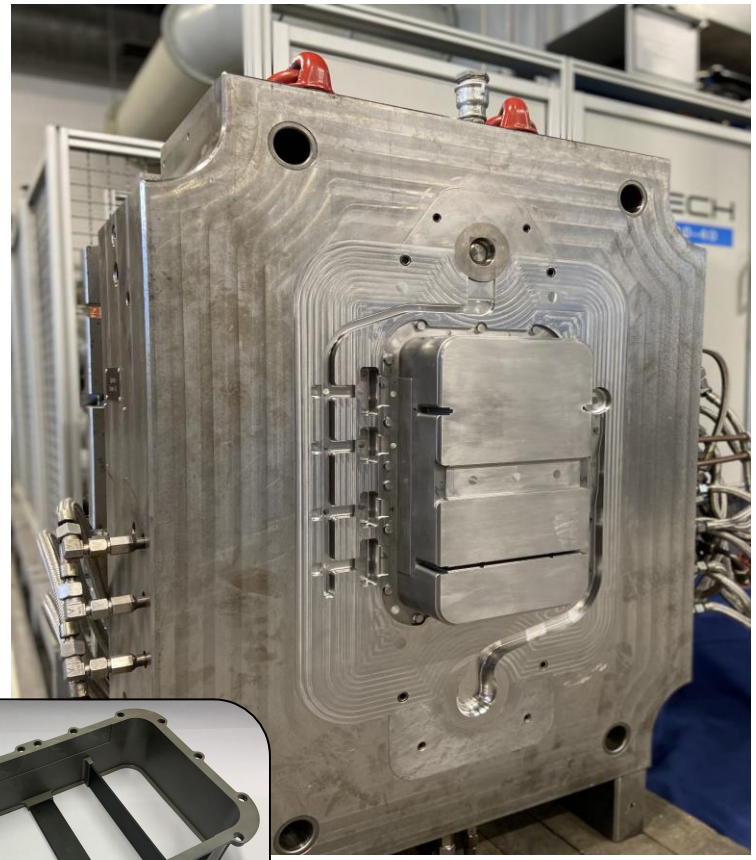
Wandstärke CFK	2 mm
Umgusswerkstoff	AlSi9Cu3
Umgusswandstärke	1 mm

3-fach Werkzeug mit variierenden Umguss-Wandstärken



Wandstärke CFK	4 mm
Umgusswerkstoff	AlSi10Mg, AM50
Umgusswandstärke	2, 4, 8 mm

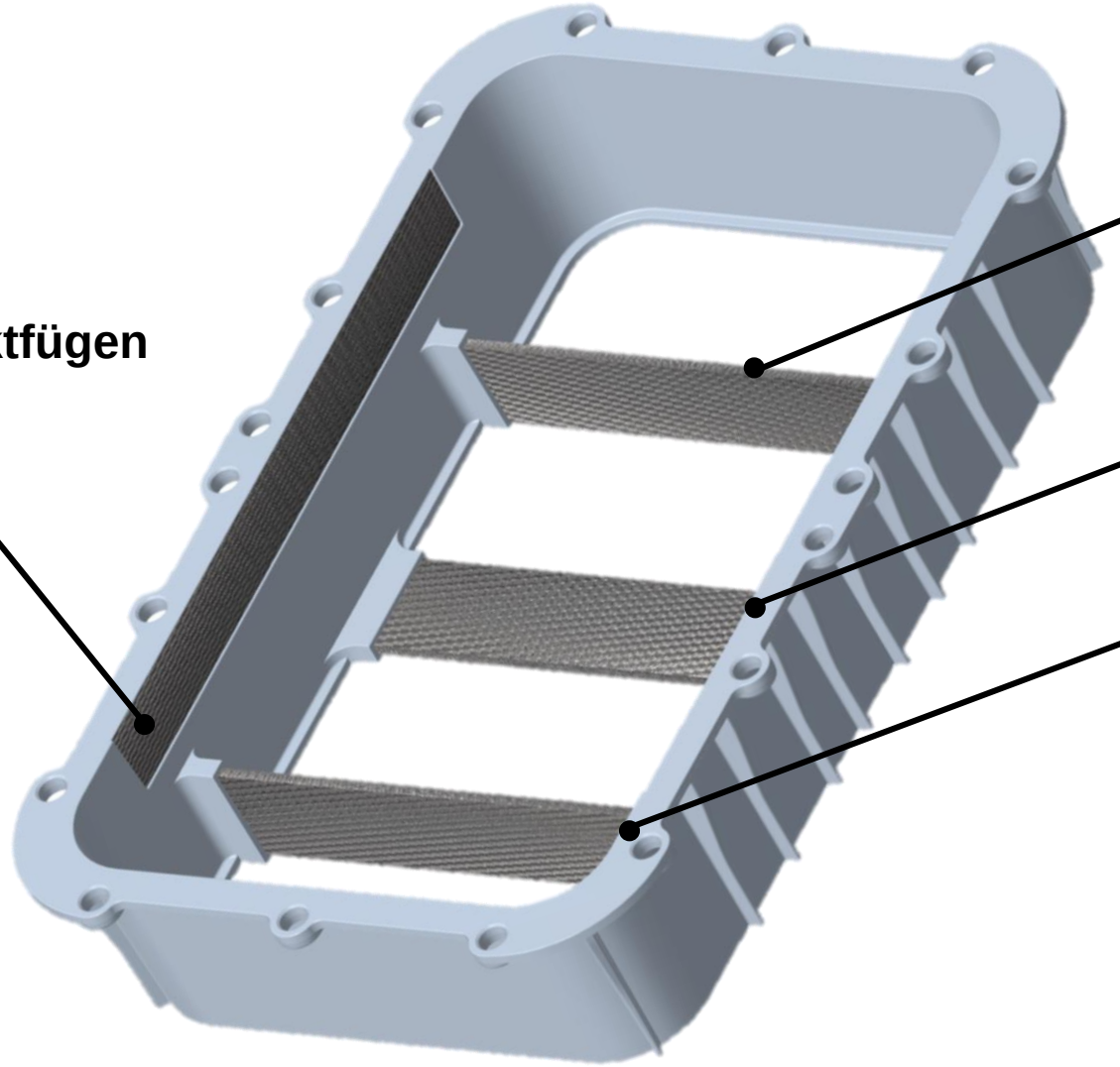
Demonstrator-Batteriegehäuse



Wandstärke CFK	4 mm
Umgusswerkstoff	AlSi10Mg, AM50
Umgusswandstärke	2,5 mm

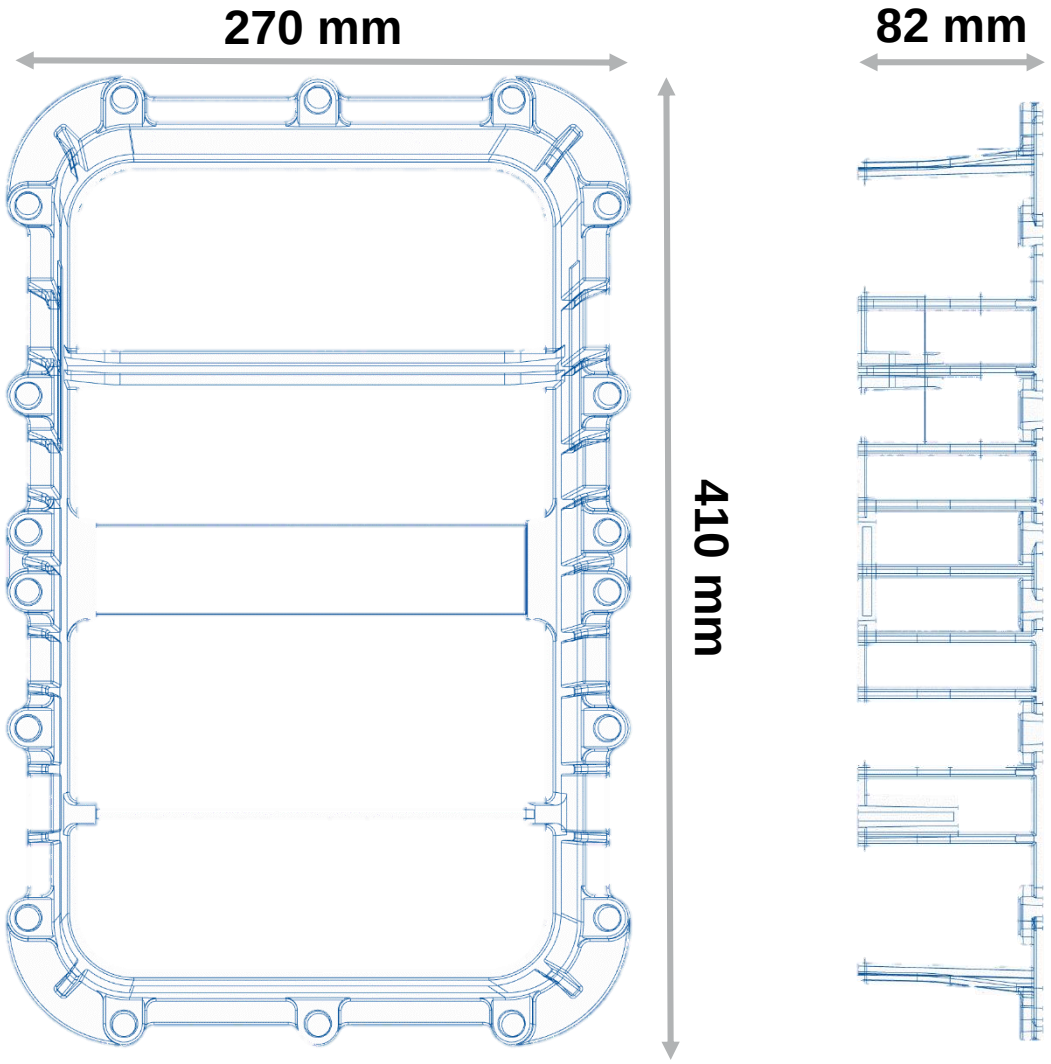
Hochschule Aalen

Entwicklung eines faserverstärkten Demonstrator-Batteriegehäuses



Hochschule Aalen

Gehäuserahmen

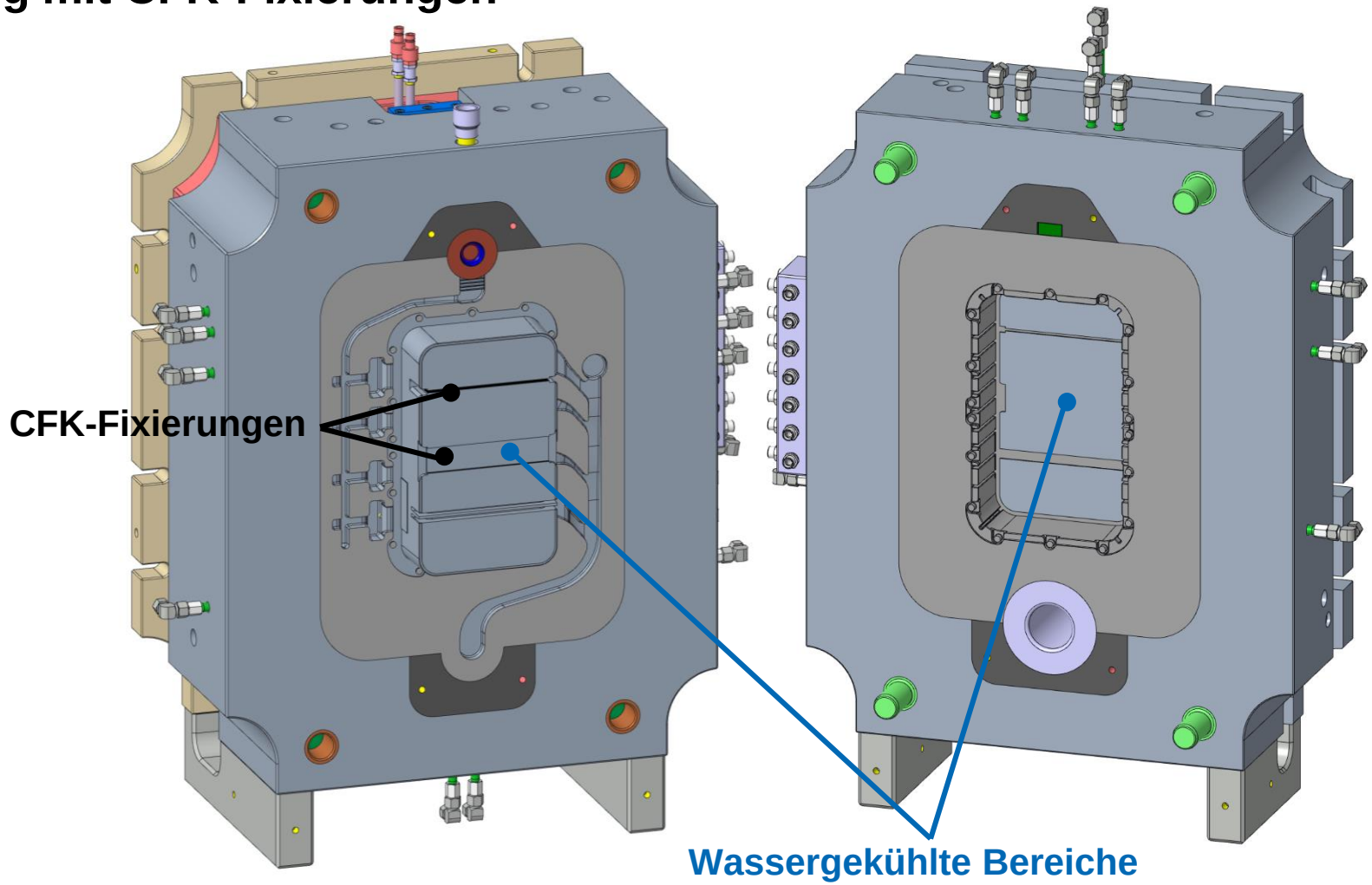


- Herstellungsverfahren: Druckguss
- Druckgusslegierungen: AlSi10Mg, AM50
- Durchschnittliche Wandstärke: 3 mm
- Gesamtgewicht Bauteil (Al): 1,35 kg
- Gesamtgewicht Bauteil (Mg): 0,85 kg

Hochschule Aalen

Entwicklung Druckgießwerkzeug mit CFK-Fixierungen

Auswerferseite Druckgießwerkzeug



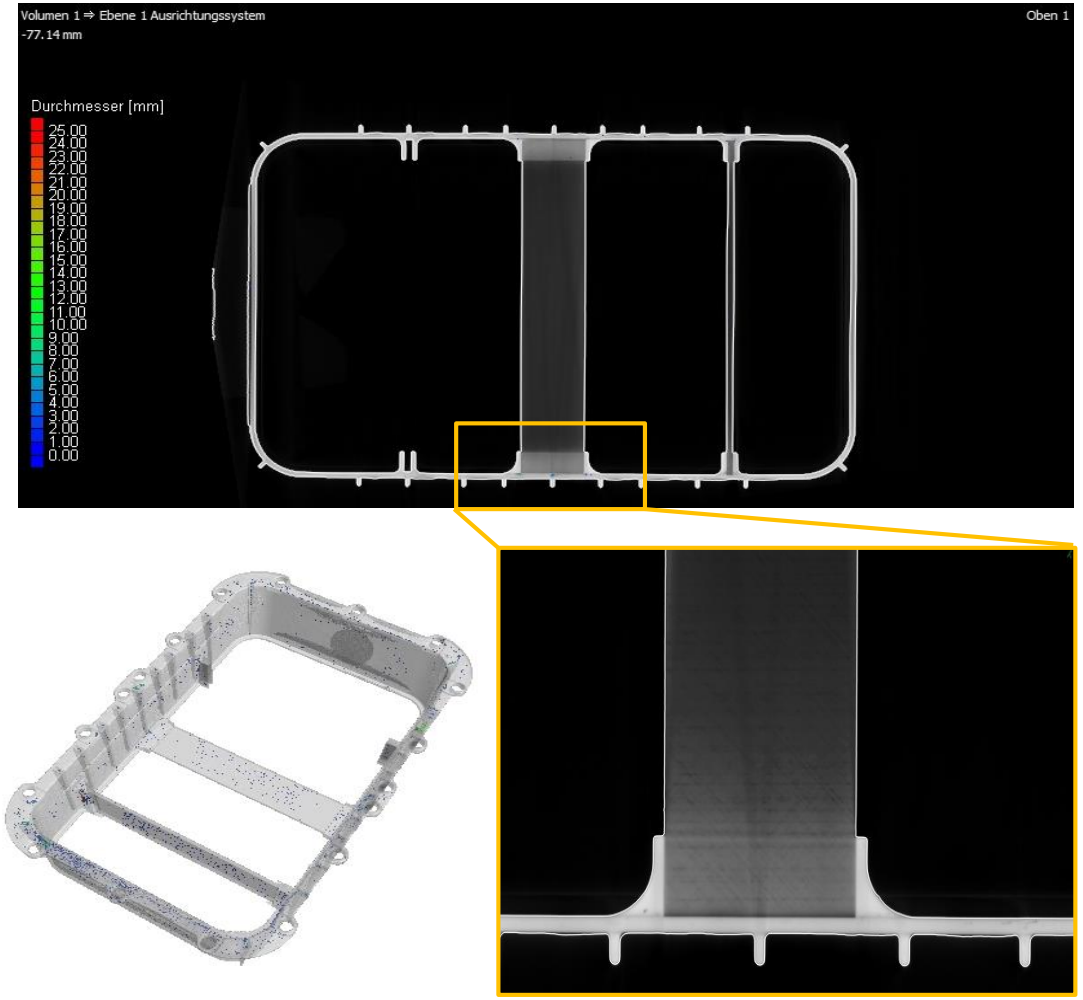
CAD-Modell Auswerferseite

CAD-Modell Eingießseite

Hochschule Aalen

Herstellung von Leichtbau-Batteriegehäusen im Aluminium- und Magnesiumdruckgießverfahren

Demonstrator-Batteriegehäuse bestehend aus Aluminium und CFK



Analyse der Hybridproben mittels 3D-Computertomograph