

Herstellung von naturfaserverstärkten Organoblechen mit rezyklierter PLA-Matrix



Leibniz-Institut für
Verbundwerkstoffe

M. Salmins, P. Mitschang, T. Neumeyer

Durobast Stakeholder Workshop

8.11.2023 Köln

Bastfasern (bspw. Hanf oder Flachs) als natürlicher Rohstoff

- Hanffasern als sekundäre Ressource
- Verringerter Energieaufwand bei der Gewinnung
- Anbau in Europa und speziell Hanf in Deutschland möglich

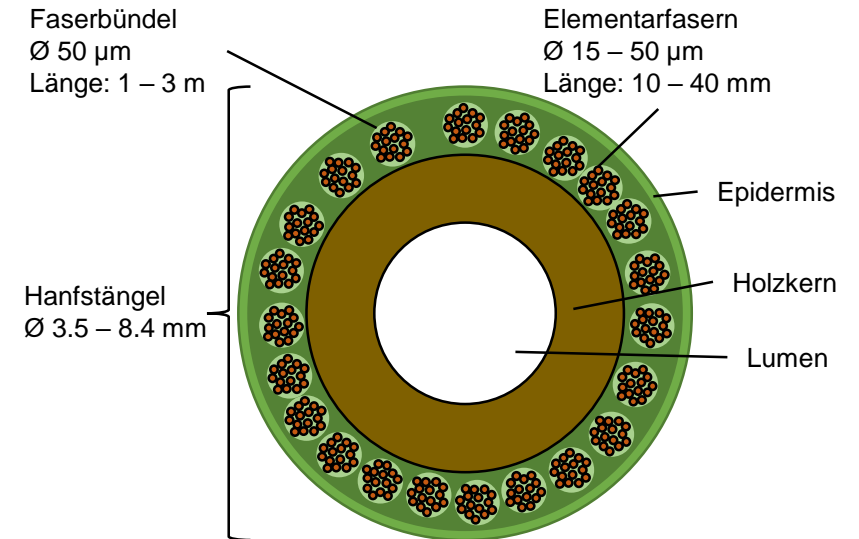
Bastfasern als Verstärkung in Verbundwerkstoffen

- Gewichtsspezifische Eigenschaften vergleichbar mit Glas
- Gute thermische und akustische Isolation

Ziel der Untersuchungen:

Vollständig bio-basierte Verbunde mit Naturfasern und rPLA-Matrix

Struktur von Bastfasern



Türverkleidung mit Naturfaserverstärkung



**Gewebeart
(Leinwand)**

**Flächen-
gewicht**

Garnfeinheit

**Faser-
volumen-
gehalt**

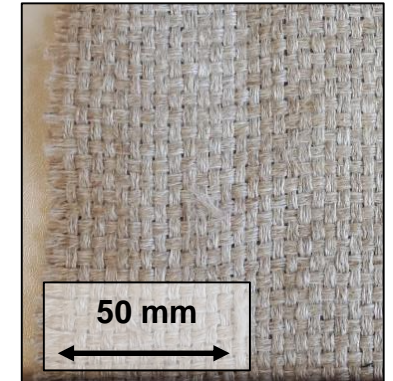
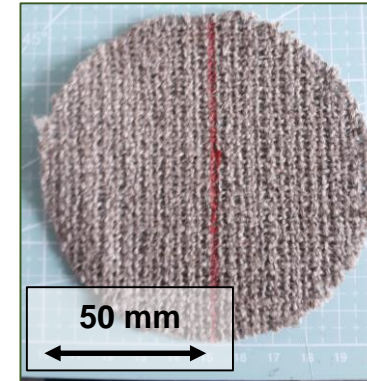
Hanfgewebe

Flachsgewebe

Durobast
Hanfgewebe

465 g/m²

400 tex



Biotex
Flachsgewebe

480 g/m²

250 tex
(twistless)

Biotex
Flachs-PLA

550 g/m²

250 tex
(twistless)
Hybridgarn

40 vol-%

**Rezykliertes
PLA Pulver**



Polymer

Dichte

Biegemodul

**Biege-
festigkeit**

rPLA

1.26 g/cm³

3.44 GPa

103 MPa

Organoblecheigenschaften

- 3 Gewebelagen
- 10 g rPLA-Pulver

→ Ø 100 mm, Dicke 2 mm, Faservolumengehalt 50 %

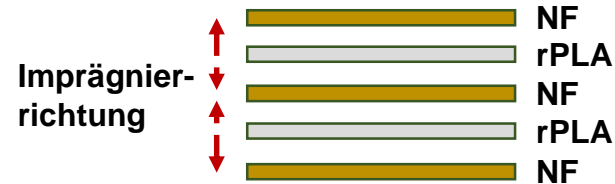
Untersuchung verschiedener Parameterkombinationen

- Temperaturstufen: 170 °C, 185 °C, 200 °C
- Druckstufen: 0.5 MPa, 1.5 MPa, 2.5 Mpa
- 5 Versuchswiederholungen je Parameterkombination

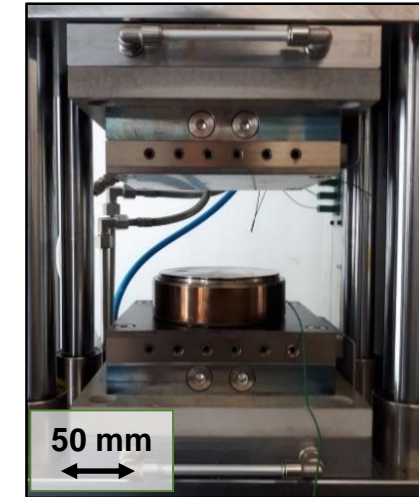
Aufzeichnung von Prozessdaten

- Untersuchung effektiver Temperatur- und Druckverläufe
- Untersuchung der Stapeldicke während der Imprägnierung

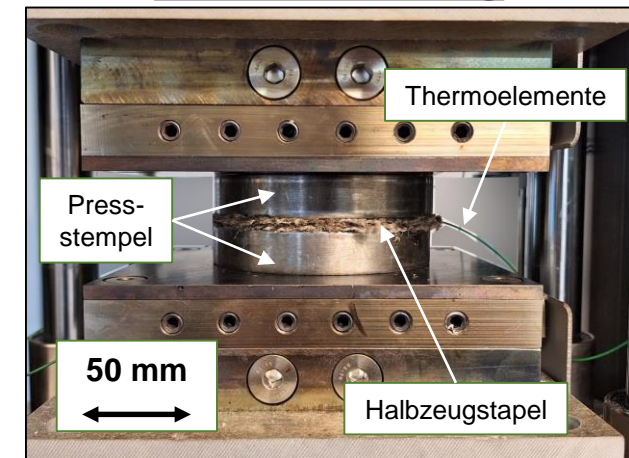
Stapelaufbau



Laborprüfstand

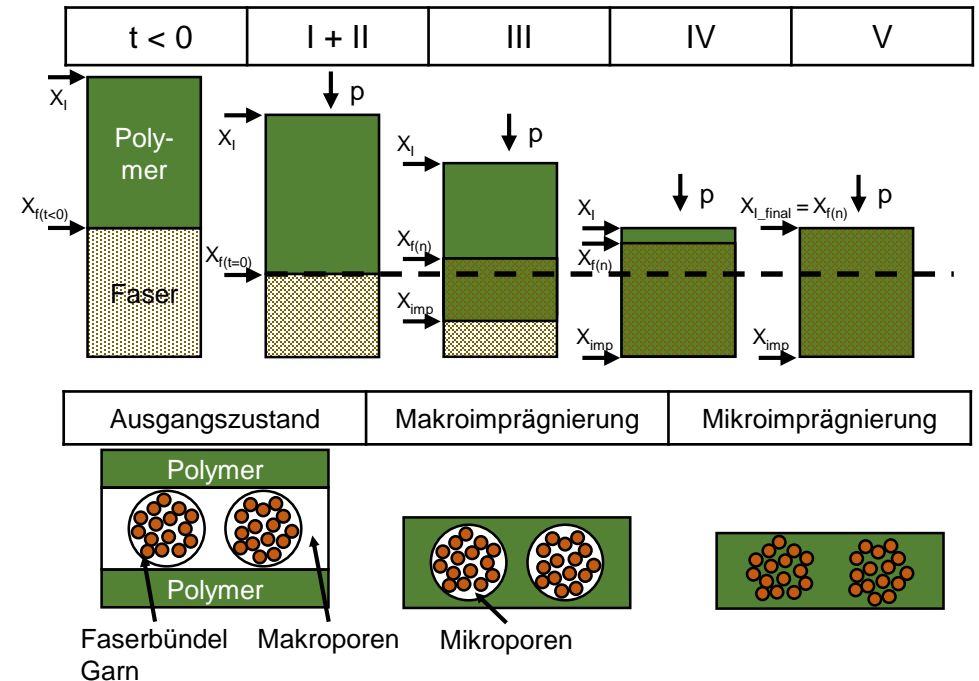
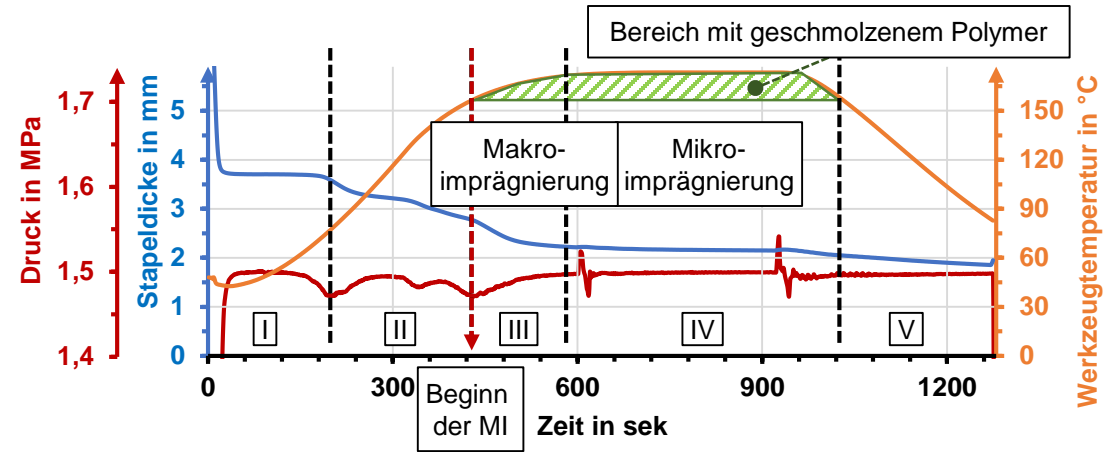


Versuchsaufbau im Presswerkzeug



Faserimprägnierung als mehrstufiger Prozess

- Faser-Matrix-Stapel wird kompaktiert (I+II)
- Makroimprägnierung (III) beginnt mit dem Aufschmelzen des Polymers
- Verteilung der Schmelze um die Garne
- Beginn der Makroimprägnierung als charakteristischer Punkt im Prozess
- Mikroimprägnierung (IV) verdrängt Luft aus den Garnzwischenräumen → Porenfreier Verbund



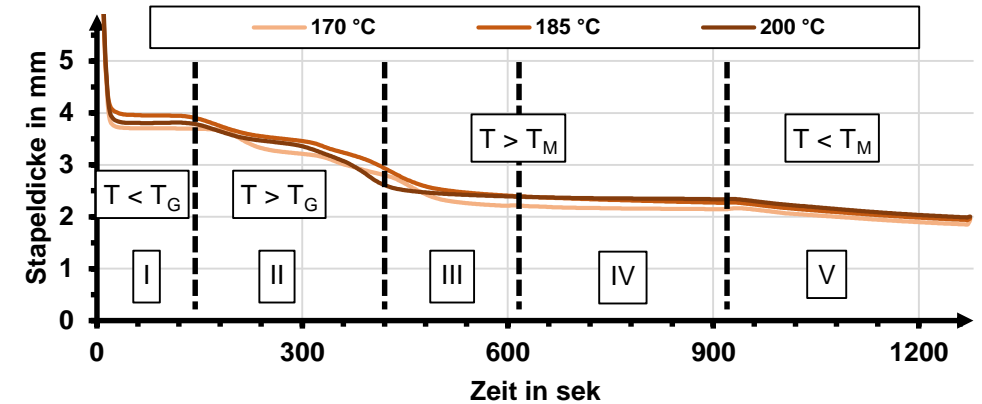
Veränderung der Stapeldicke im Heißpressprozess

- Unabhängig der effektiven Temperaturverläufe
- Stark von dem effektiven Prozessdruck abhängig

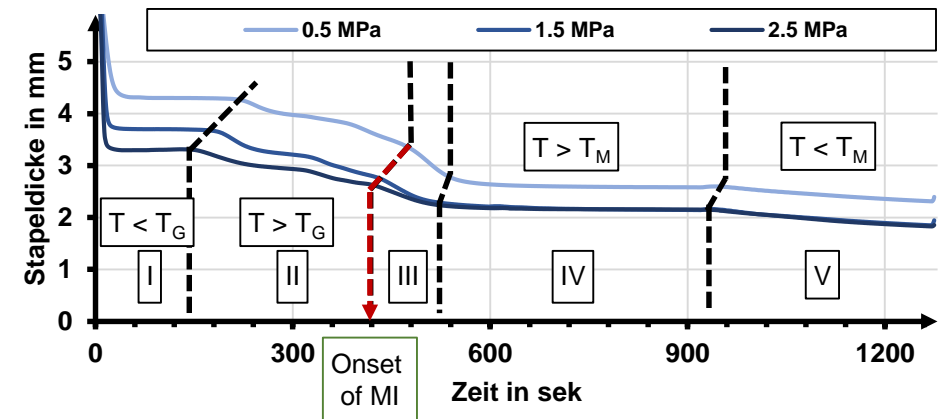
Erhöhung des Prozessdrucks führt zu

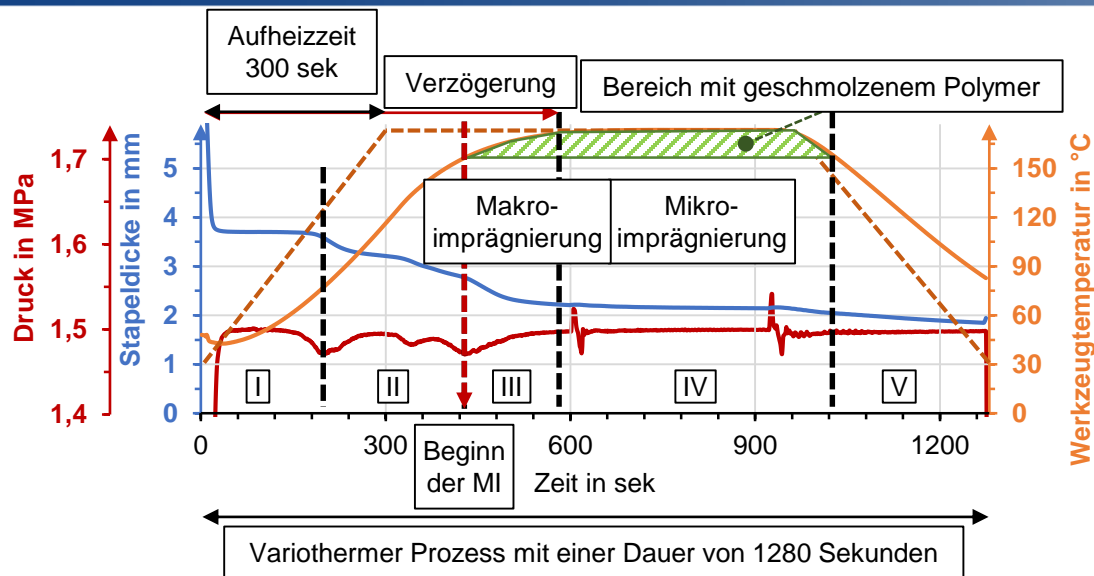
- Niedrigeren Gesamtdicken in jeder Phase (I – V)
 - niedrigerer Porengehalt
- Früherer Beginn der Makroimprägnierung
 - längere Imprägnierdauer bei gleicher Prozesszeit

Einfluss der Temperatur



Einfluss des Druck für $T = 170 \text{ °C}$

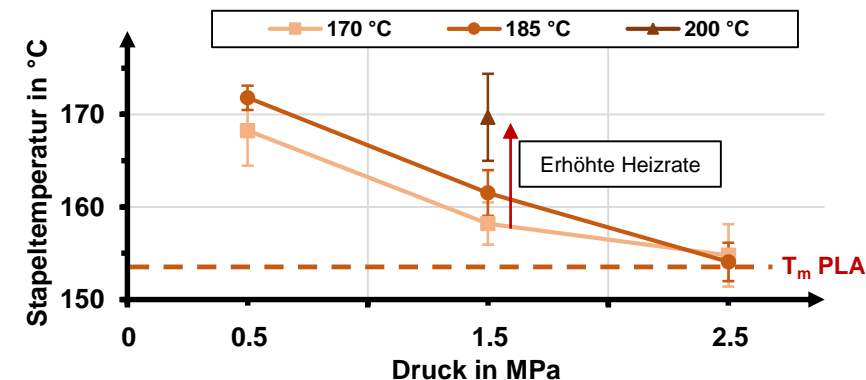




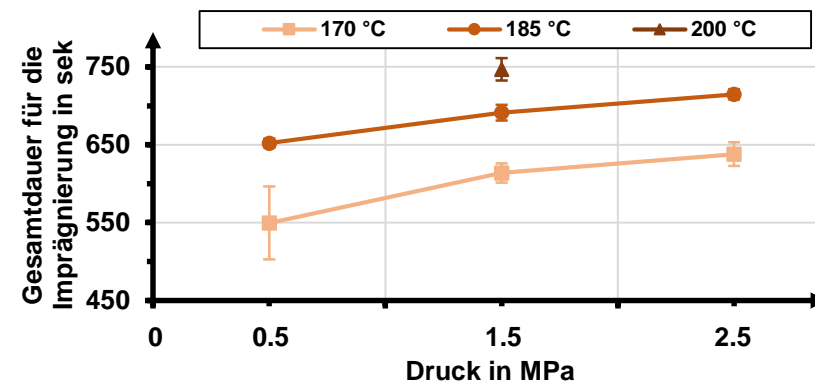
Einfluss der Parameterkombination

- Erhöhte Temperatur und Heizraten
 → Höhere Temperatur beim Beginn der Makroimprägnierung
- Erhöhung des Drucks
 → Früherer Beginn der Makroimprägnierung

Effekt des Prozessdrucks auf den Beginn der Makroimprägnierung



Gesamtdauer für Makro- und Mikroimprägnierung



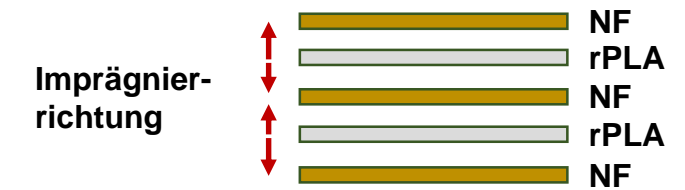
Vergleich der Imprägnierqualität nach dem Prozess

- Schmelzflüssiges Polymer muss die äußeren Textillagen für eine vollständige Imprägnierung durchdringen
- Materialaufbau ermöglicht die Bewertung der Imprägnierqualität nach der Entnahme aus dem Werkzeug

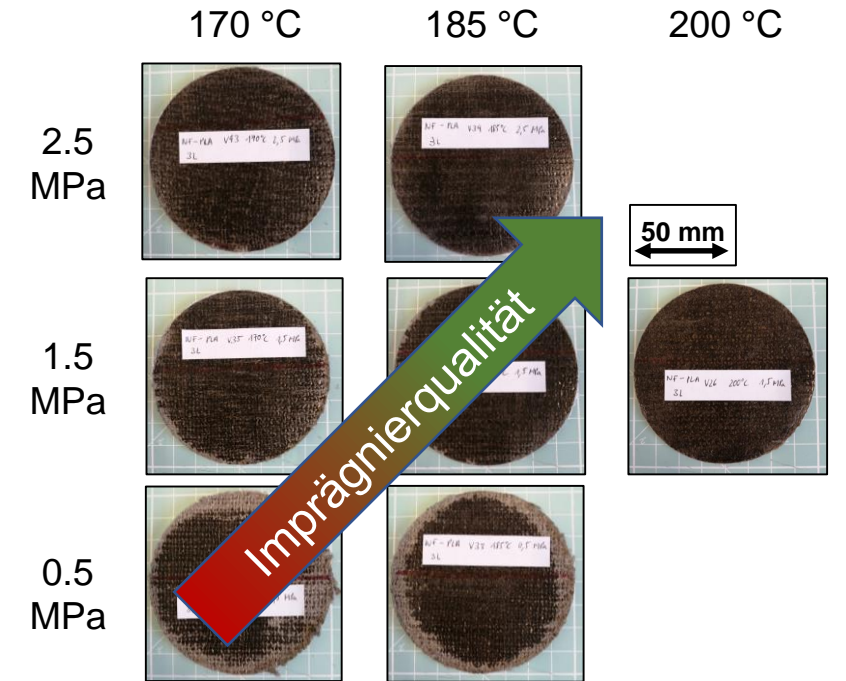
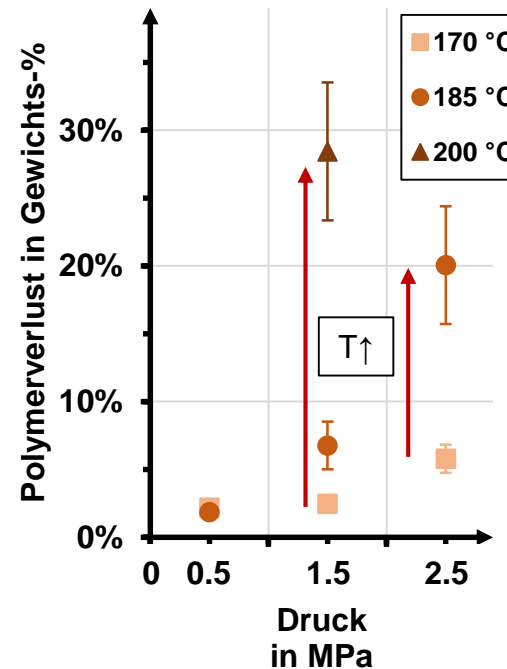
Einfluss von erhöhten Prozessparametern

- Verringerung der Polymerviskosität (T)
 - Verringerung des Luftanteils im Aufbau (p)
- Erhöhung der Imprägnierqualität
- Erhöhter Austritt von Polymer aus dem Wer

Stapelaufbau aus Gewebe und Polymer

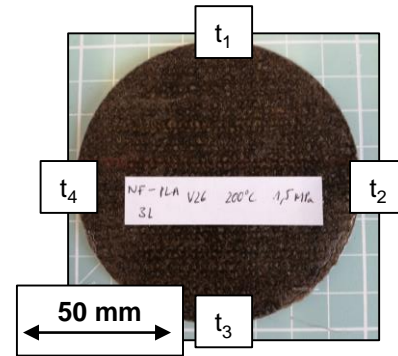


Untersuchung der Imprägnierqualität



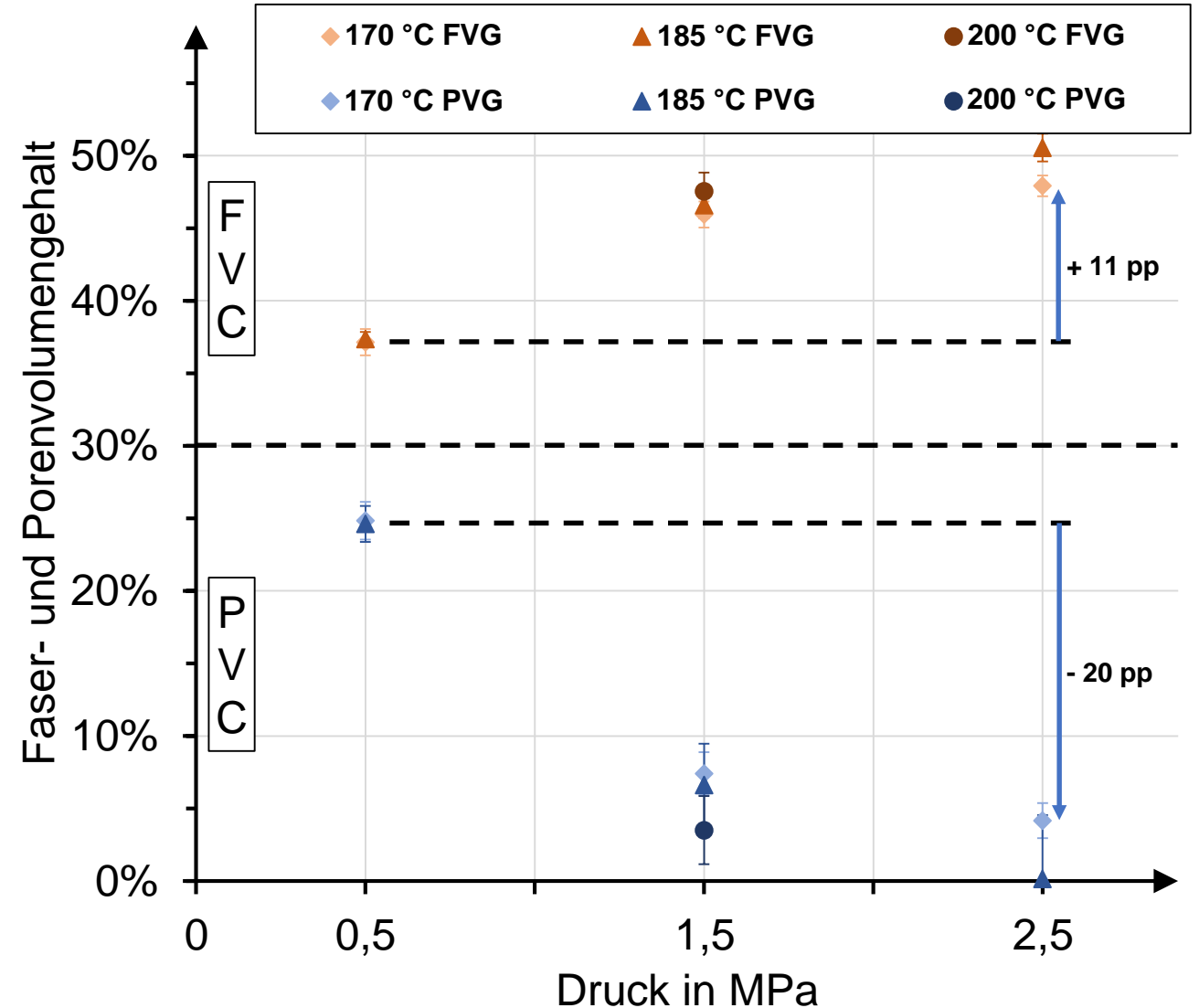
Die Untersuchung von

- Materialgewicht vor und nach dem Prozess
- Organoblechdicke ($t_1 - t_4$)
- Vergleich mit der theoretischen Dicke



ermöglicht die Bestimmung von

- Faservolumengehalt (FVG) und
- Porenvolumengehalt (PVG)



5 Organobleche mit je 3 Prüfkörpern

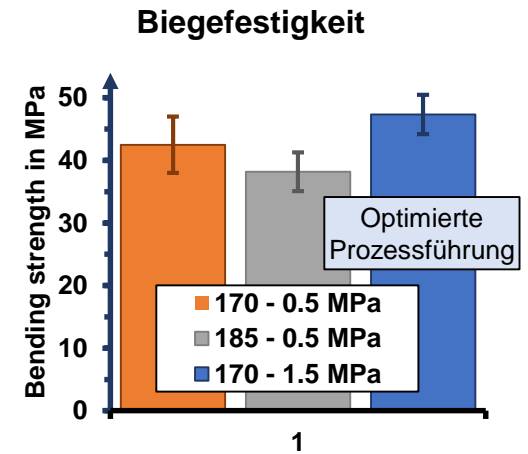
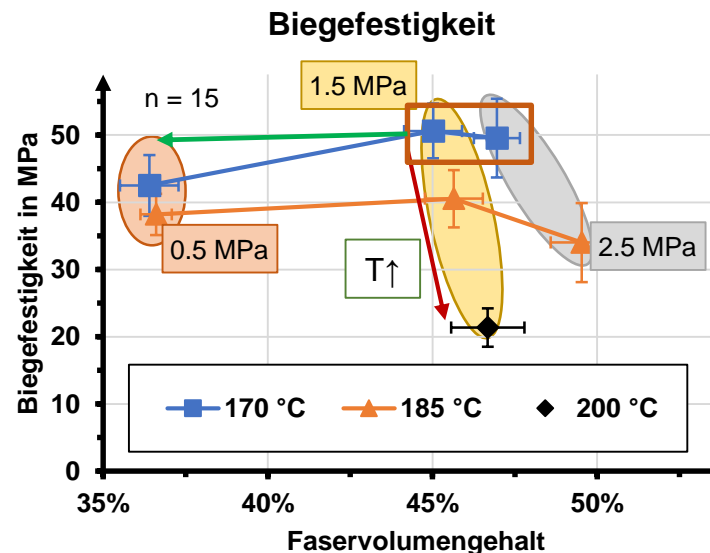
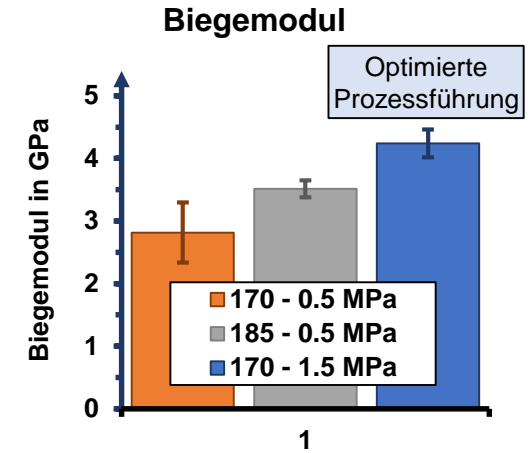
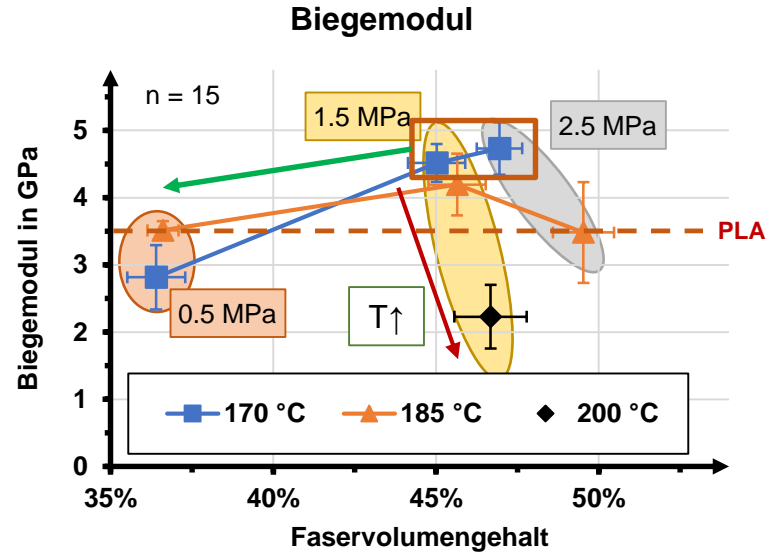
Einfluss der Prozessdrücke

- Erhöhung des Faservolumengehalts
→ Erhöhung der mechanischen Eigenschaften

Einfluss der Prozesstemperatur

- Verringerung der Biegeeigenschaften
→ vermutlich durch Oxidation der Matrix

Bestimmung einer optimierten Prozessführung



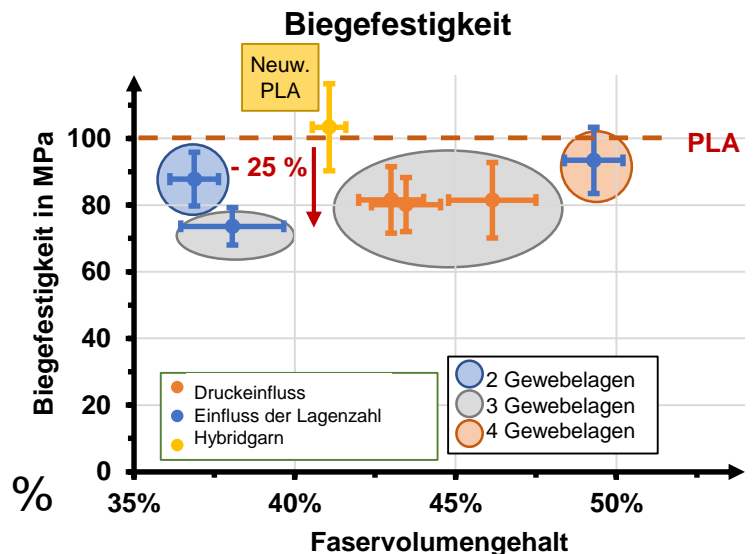
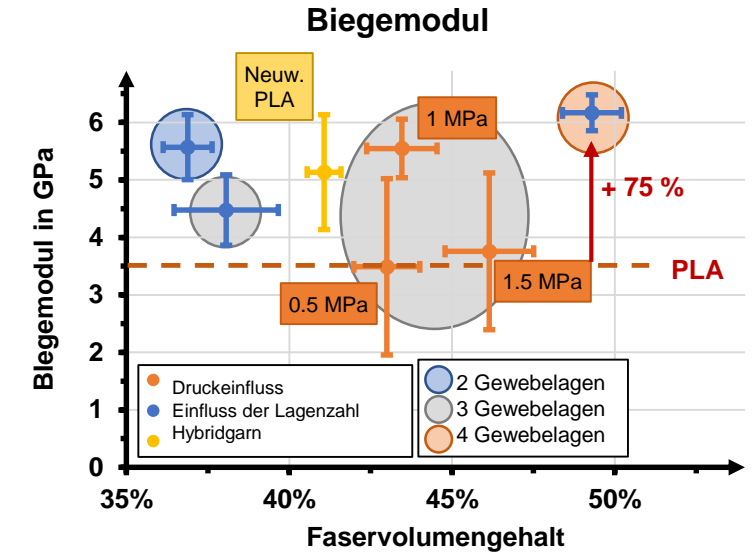
Faservolumenanteil: 37 %

Untersuchung des Einflusses der optimierten Prozessführung

- Prozesstemperatur: 170 °C
- Prozessdruck zwischen 0,5 und 1,5 MPa
- Untersuchung verschiedener Faser- und Polymeranteile

Vergleich der Biegeeigenschaften

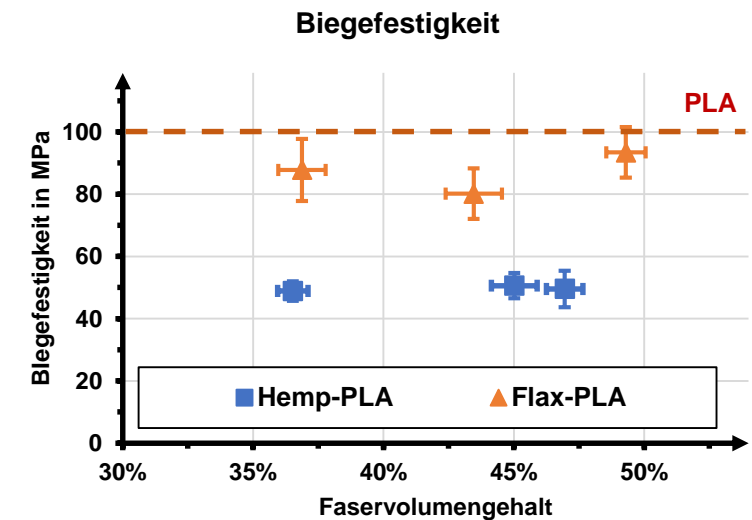
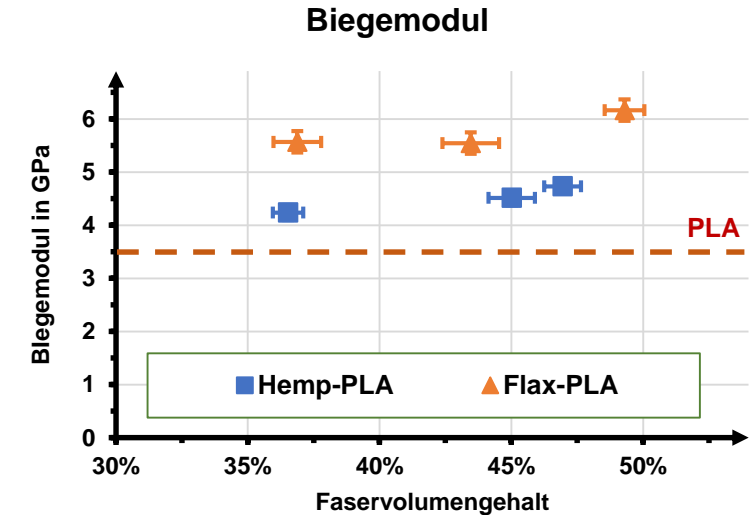
- Erhöhung des Biegemoduls bis zu 75 % gegenüber unverstärktem PLA
- Erreichen von Biegefestigkeiten des unverstärktem PLA
- Rezykliertes PLA führt zu einer Verringerung der Festigkeit um bis zu 25 %

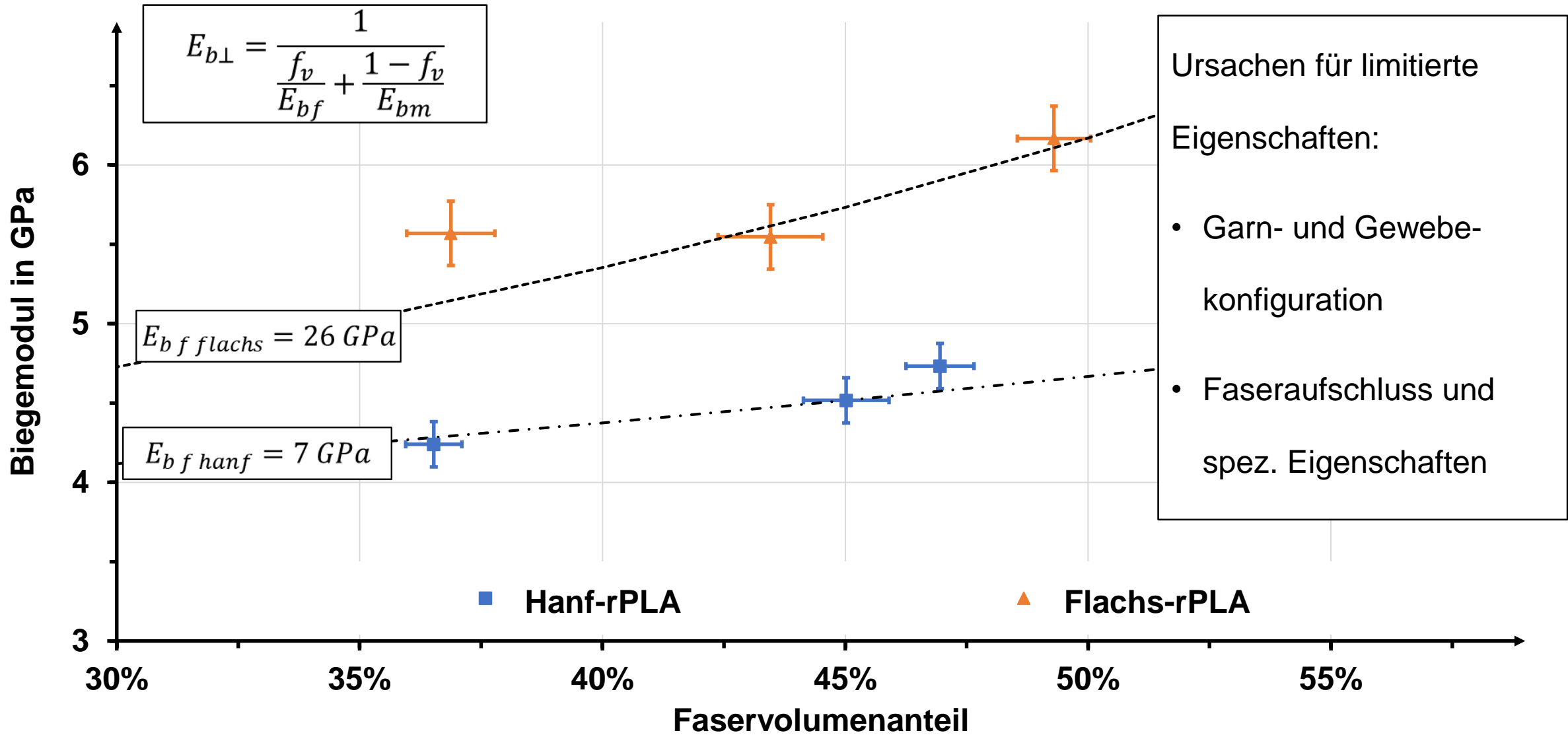


Flachs- und Hanfverstärkung

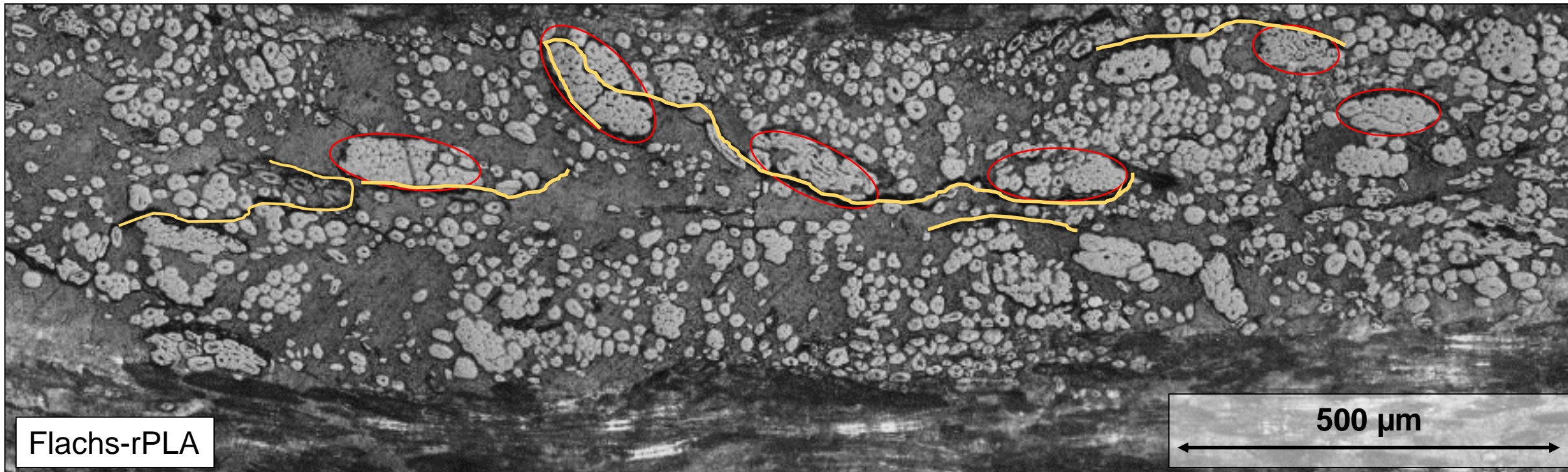
- kann zur Herstellung von rPLA Organoblechen genutzt werden
 - kann die Biegemoduln von rPLA Organoblechen verbessern
 - konnten keine Erhöhung der Biegefestigkeit erzielen
 - Flachs führte zu einer besseren Verstärkung als Hanf
 - Anstieg der Biegemoduln nicht proportional (linear) mit FVG
- Vergleich mit weiteren theoretischen Modellen

Verstärkungseffekt quer zur Faserausrichtung

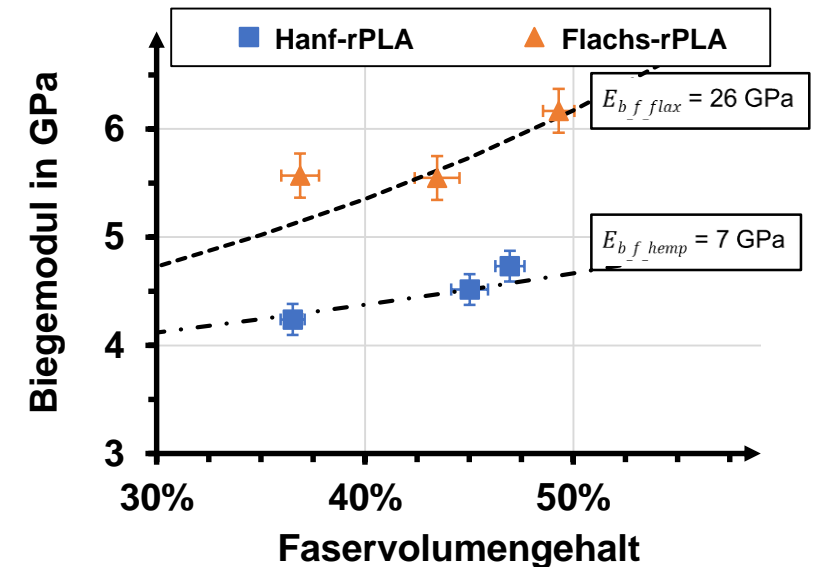
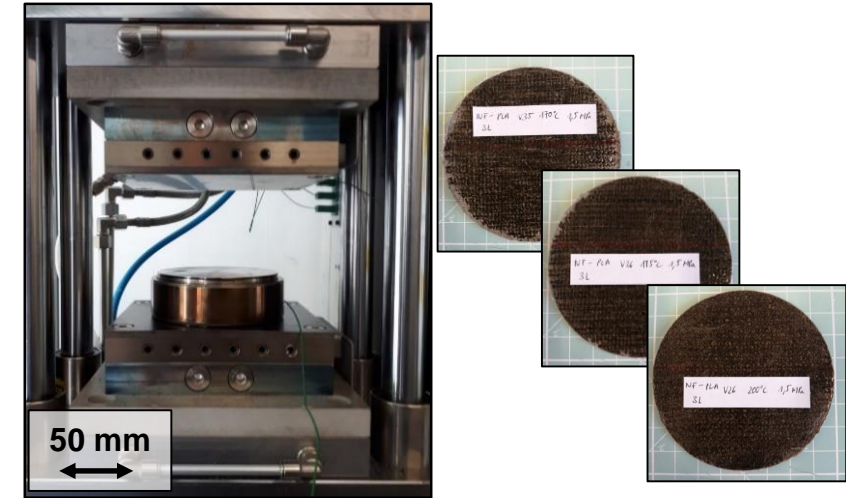


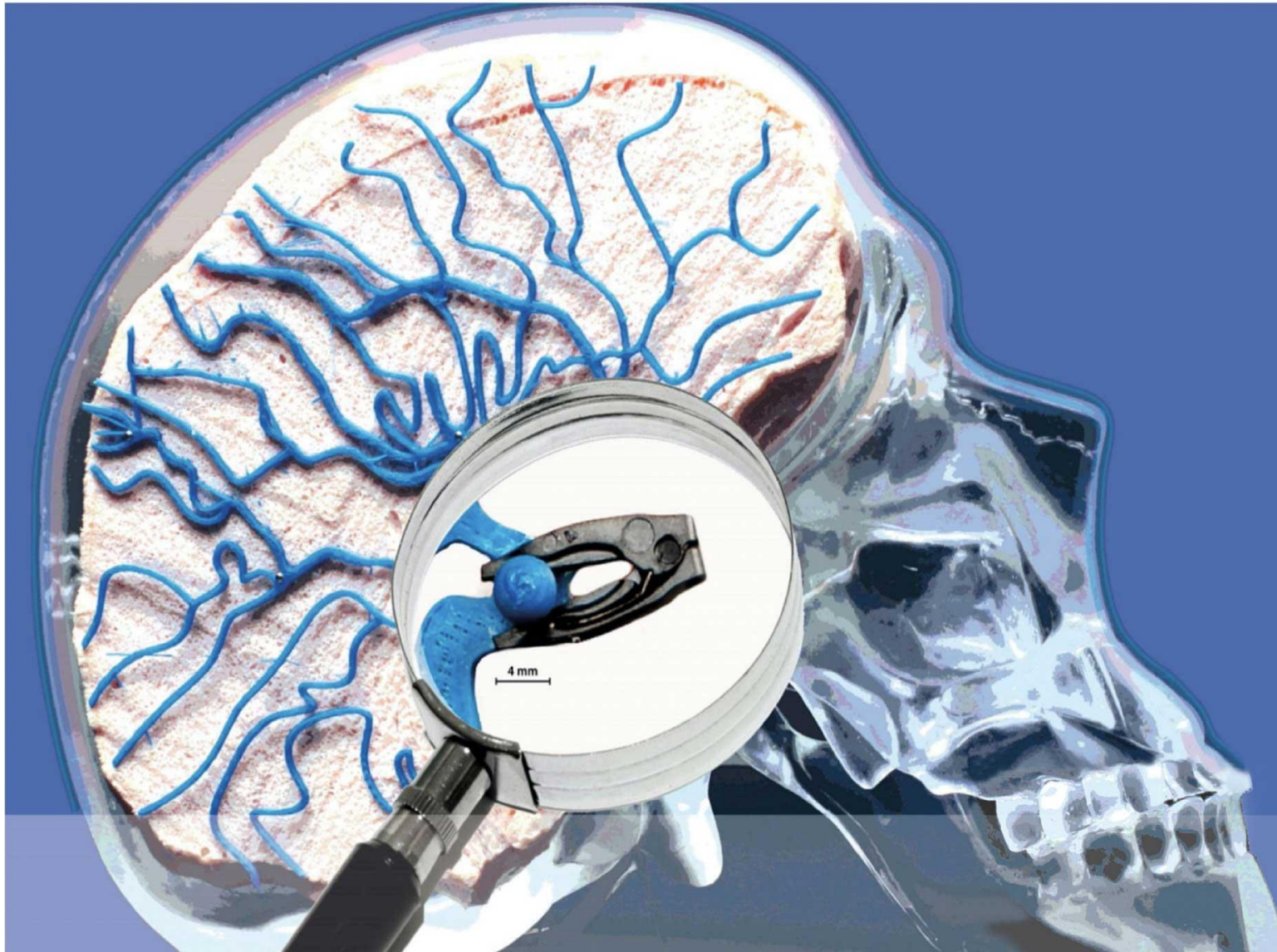


- Faserdurchmesser zeigt eine hohe Varianz
- Faserbündel sind nicht vollständig aufgeschlossen
- Rissausbreitung im Verbund entlang der Faserbündel (ellipsoid mit Durchmessern zwischen \varnothing 50 – 200 μm)



- Herstellung von Flachs- und Hanf-rPLA Organoblechen ist möglich
- Zu hohe Prozesstemperaturen können zur Verringerung der Halbzeugeigenschaften führen (eingeschränktes Prozessfenster)
- Biegemodul kann gegenüber Polymer erhöht werden (nicht proportional)
- Biegefestigkeit kann nicht gegenüber Polymer erhöht werden
- Unvollständiger Faseraufschluss kann zu einem limitierten Eigenschaftsprofil führen





Kontakt:
Maximilian.salmins@ivw.uni-kl.de
+49 631 2017 340

© IVW

This document is confidential. The information contained is the property of the institute.
This document may only be reproduced or disclosed to other parties with the consent of Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH. Transmission or disclosure does not constitute any intellectual property rights. The information contained does not constitute an offer.

Composite Aneurysm Clip

Photo: Thorsten Becker & Sylvain Fotouk Foiso

www.thefutureiscomposite.com