



FNR-Webinar

Nachhaltige Werkstofftechnologien – Bioverbundwerkstoffe

Agenda

- Einführung Bioverbundwerkstoff
- Ausgangslage und abgeleitete Zielstellung
- Verarbeitung biobasierter Härter im RTM Prozess
- Energetische Aspekte des RTM Prozesses
- Zusammenfassung und Ausblick

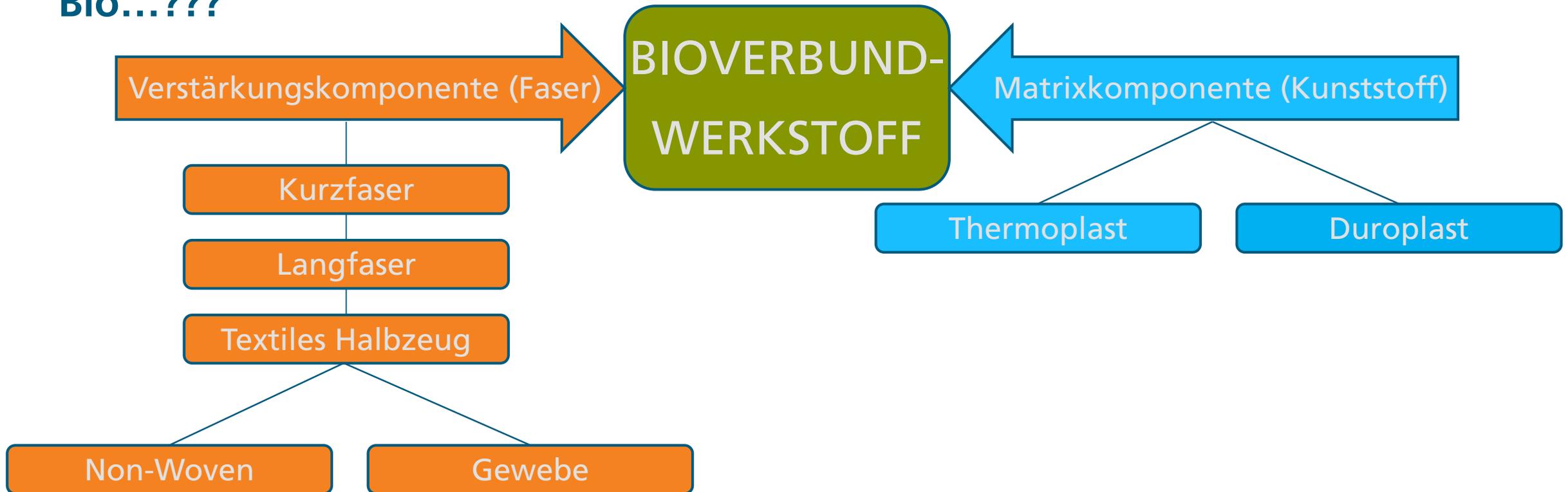


Einführung Bioverbundwerkstoff - Definition

Bio...???

Einführung Bioverbundwerkstoff - Definition

Bio...???



Einführung Bioverbundwerkstoff – Einsatz von Naturfasern

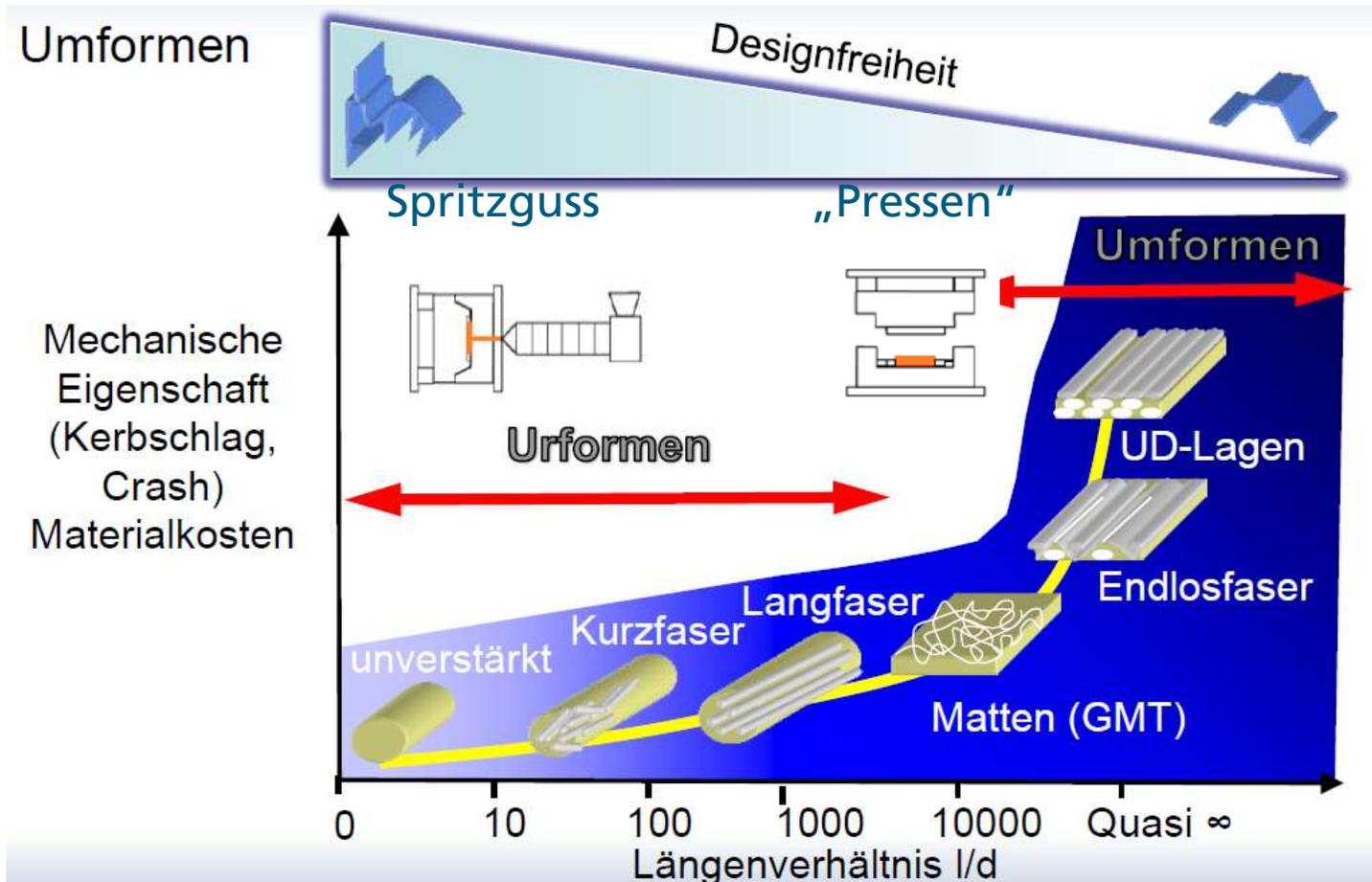
Vorteile:

- Geringer Energieinput => Ökologisch Vorteilhaft
- Nachwachsender Rohstoff => Ermöglicht Kaskadennutzung
- Geringe Dichte => Dichtespezifisch hohe Steifigkeit / Festigkeit
- Geringe Splitterneigung
- Nicht abrasiv
- Hohe Dämpfungseigenschaften

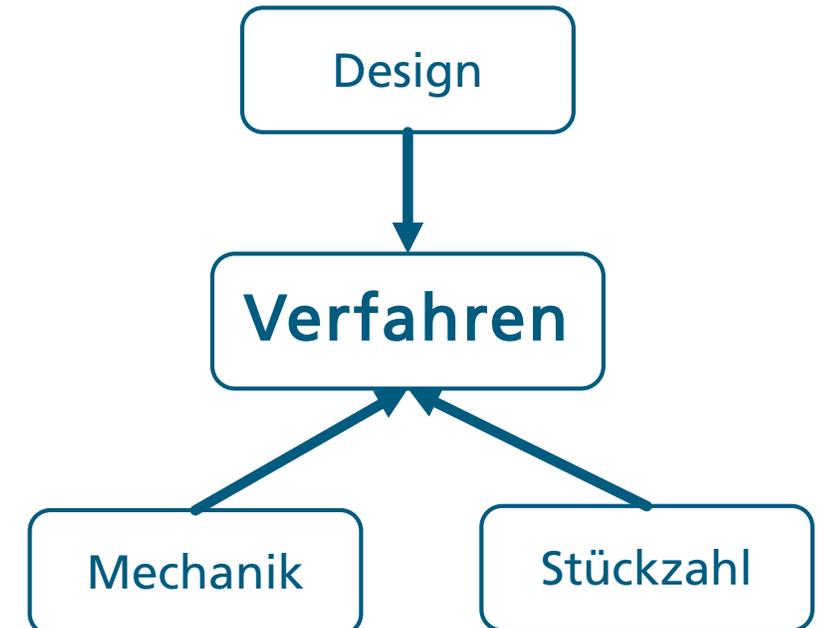
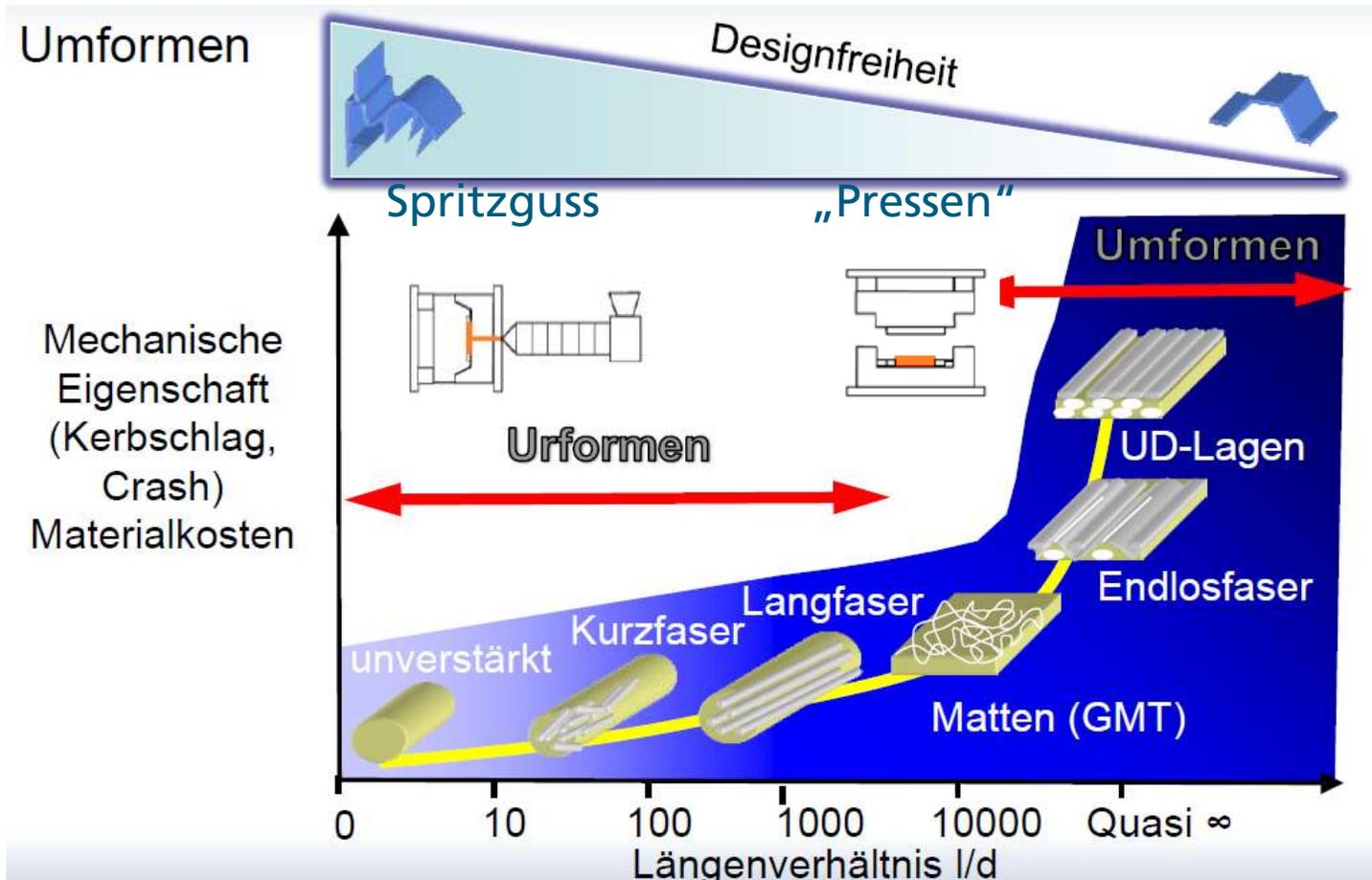
Nachteile:

- Hydrophil
- Geringe Temperaturstabilität
- Schwankende Eigenschaften
- Geruchsemissionen

Einführung Bioverbundwerkstoff – Auswahl des Verfahrens



Einführung Bioverbundwerkstoff – Auswahl des Verfahrens



Agenda

- Einführung Bioverbundwerkstoff
- Ausgangslage und abgeleitete Zielstellung
- Verarbeitung biobasierter Härter im RTM Prozess
- Energetische Aspekte des RTM Prozesses
- Zusammenfassung und Ausblick



Ausgangslage und abgeleitete Zielstellung

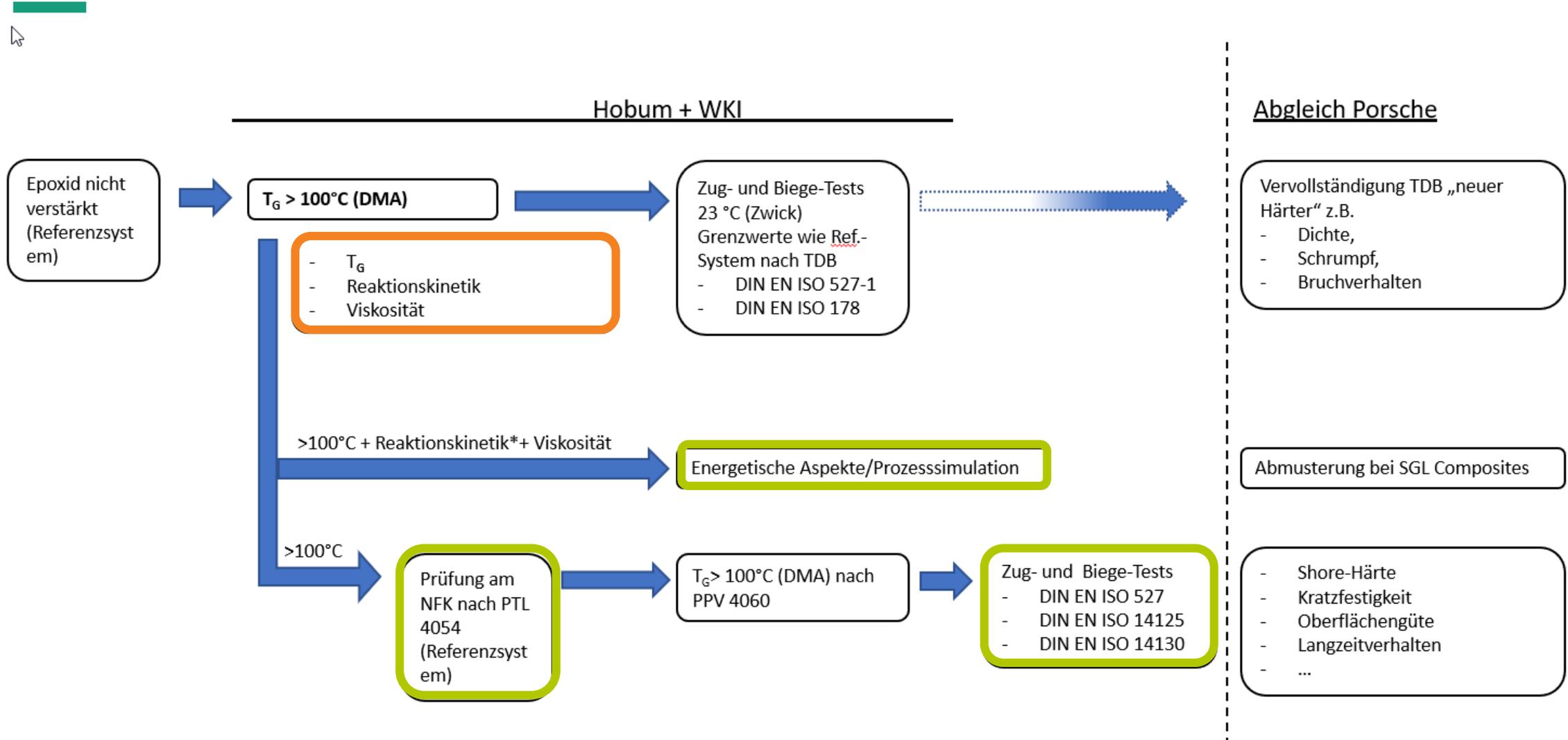
- Vorgängerprojekt Bioconcept-Car zur Entwicklung biobasierter Bauteile (Türen und Heckflügel) am Cayman GT4 Clubsport 982
 - Umsetzung Türen (und Heckflügel) mit 100 % Naturfasern
 - Einsatz von erdölbasierten Epoxidharzen im RTM (Türen) und Preg-Verfahren (Heckflügel)
- Projektabschluss: Umsetzung o.g. Bauteile als Kleinserie und ökologische Betrachtung der Tür mit dominanten Emittenten
 - Harz- Härterssystem
 - Resin Transfer Moulding (RTM) Prozess
- An dieser Stelle setzt das 10/2020 gestartete Projekt BioResinProcess an



Zielstellung von BioResinProcess

1. Untersuchung und Entwicklung eines biobasierten (Epoxid-)Harz- Härtersystems zum Einsatz im RTM Verfahren
 - Einsatz auf dem Markt verfügbarer biobasierter Harzsysteme
 - Entwicklung eines biobasierten Härters, der für das RTM Verfahren geeignet ist
 - Einfluss der Prozessführung im RTM auf den Energieverbrauch und damit CO₂ Emissionen
 - Maximierung des Bioanteils und Vergleich über die Tür des Cayman GT4 Clubsport 982
2. Schaffung einer Datengrundlage von NFK anhand den Werkstoffanforderungen von Straßenfahrzeugen
 - Oberflächenqualität
 - Langzeitstabilität
 - Bruchverhalten
 - Mechanische Eigenschaften untergeordnet, da keine Plybook-Anpassung erfolgt

Arbeitsplan und Vorgehen von BioResinProcess



Agenda

- Einführung Bioverbundwerkstoff
- Ausgangslage und abgeleitete Zielstellung
- Verarbeitung biobasierter Härter im RTM Prozess
- Energetische Aspekte des RTM Prozesses
- Zusammenfassung und Ausblick



RTM Füllversuche

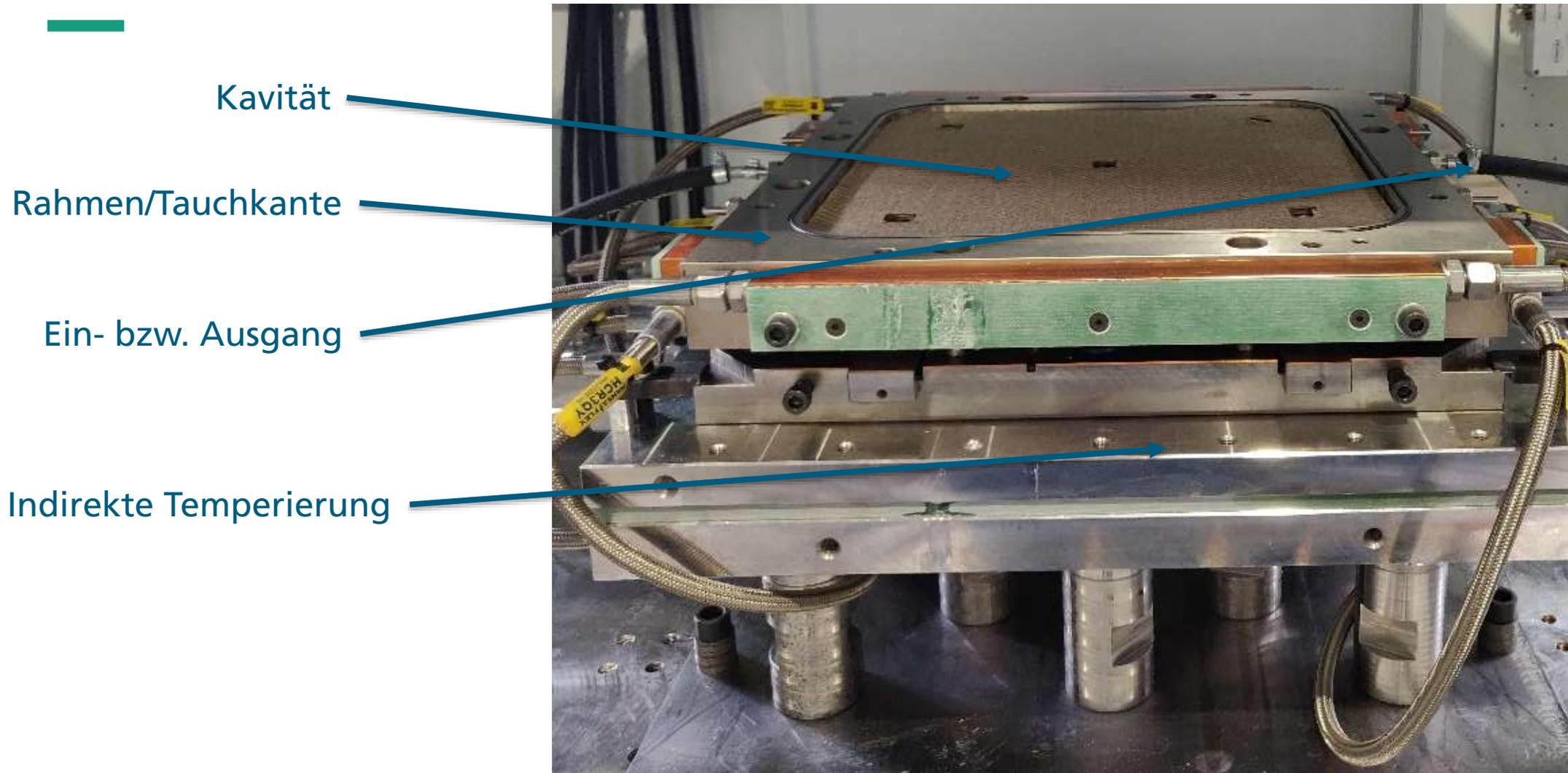


- Ziel: erste Bewertung der Härter Systeme hinsichtlich einer Umsetzung mittels RTM
 - Herstellung von Prüfplatten
 - Erdölbasiertes Standardsystem und teilbiobasierte System als Referenz
 - Verarbeitung der biobasierten Härter + biobasiertes Harz
 - Laminataufbau aus dem Plybook der Tür
- Bei Erfolg erfolgt die Umsetzung von Platten/Türen im industriellen Rahmen

RTM Werkzeug und Drucksystem

- Einsatz eines Tauchkantenwerkzeugs
 - + Variable Plattenstärke bis ca. 10 mm
 - + Einstellbare Faseranteile
 - + 6 Ein- bzw. Ausgänge möglich
 - Zweiteilige Temperierung (max. 115°C)
 - Entformbarkeit
- Einsatz eines Drucktopfsystems
 - + Umsetzung geringer Mengen
 - + Geringer Reinigungsaufwand
 - Druck begrenzt (ca. 9 bar)
 - Harzansatz notwendig

Drucksystem



Grundsätzlicher Ablauf

- Vorheizen des Werkzeugs + Rahmen
- Vortrocknung der Naturfaserzuschnitte auf 2-3 % Feuchtigkeit
- Einlegen der Zuschnitte und Evakuierung der Kavität (-1 bar) für x min
- Injizieren des Harzansatzes
- Nachdruck einstellen (max. 9 bar)
- Ggf. Presskraft erhöhen
- Aushärten
- Öffnen und Entformen

„Fenster“ für unverstärkte Proben



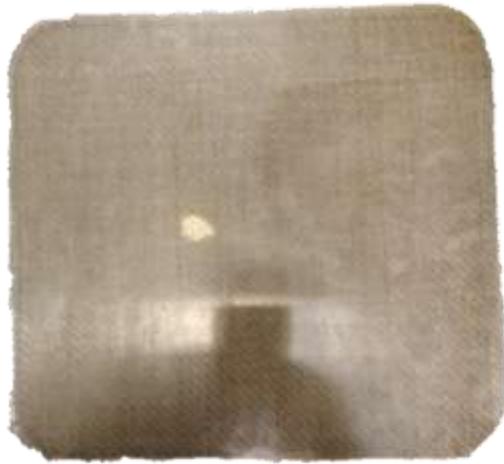
Plattenherstellung Referenzsystem(e)

- Umsetzung eines erdöl- und eines teilbasierten Systems, um einen Referenzzyklus zu schaffen
 - 90°C Werkzeugtemperatur + 20 min Aushärtung nach Füllung
- 2 Aufbauten wurden bei einer Plattenstärke von 2,1 mm realisiert
 - Aufbau 1: 1050 g/m², 4 Lagen (≈ 0,525 mm) → entspricht Ausschnitt aus der Tür
 - Aufbau 2: 1250 g/m², 5 Lagen (≈ 0,42 mm)
- TG > 100 °C im NFK erreicht, jedoch keine vollständige Umsetzung (maximale TG beider Systeme ca. 150°C mittels DMA)

	Fraunhofer WKI	SGL Carbon
Systemtemperatur	Ca. 25°C (Drucktopf)	Harz bis 60°C (Zwangsmischer)
Einspritzdruck	ca. 5,5 bar	Bis 25 bar Abschaltdruck
Aktive Füllzeit	ca. 3-4 min	Ca. 4 Minuten

Plattenherstellung verschiedener Härter bei 90°C

- Erfolgreiche Verarbeitung verschiedener Härtersysteme, jedoch Vakuum zu gering



Bioharz + Biohärter 1

Bioharz + Biohärter 2

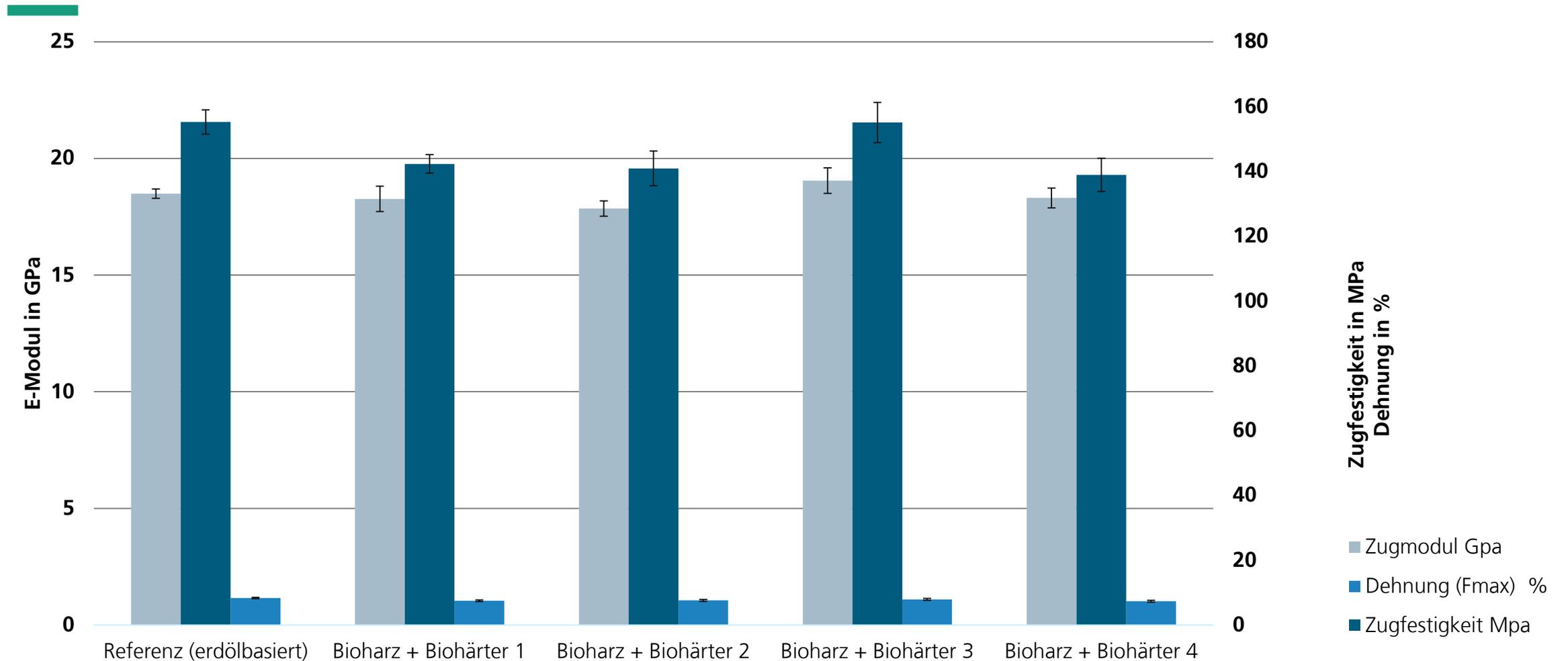
Bioharz + Biohärter 3

Viskosität ansteigend von links nach rechts

Härter auf 60°C vorgewärmt + Harz bei RT

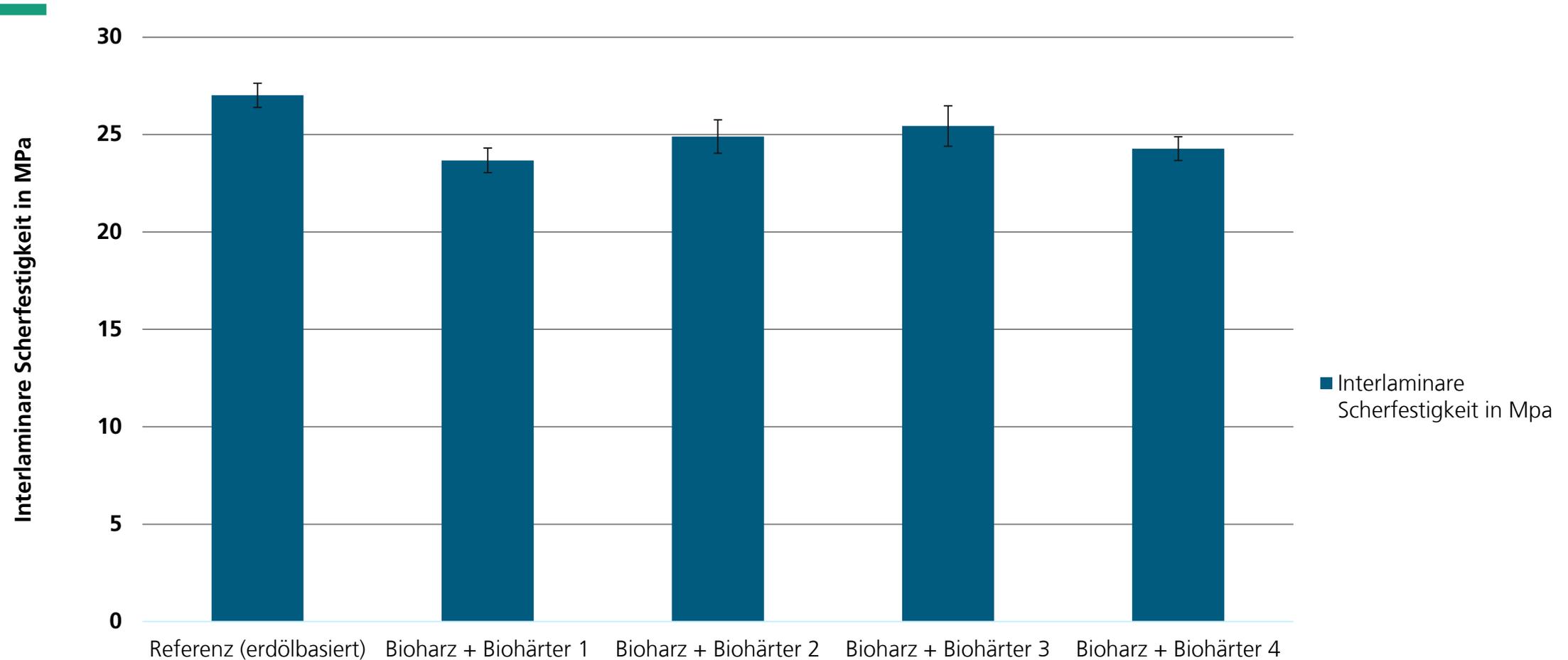
Injektionsdruck steigt von links nach rechts (3,5 – 5,5 bar)

Ergebnisse Zugprüfung nach DIN EN ISO 527 (angepasst nach PTL 4054)

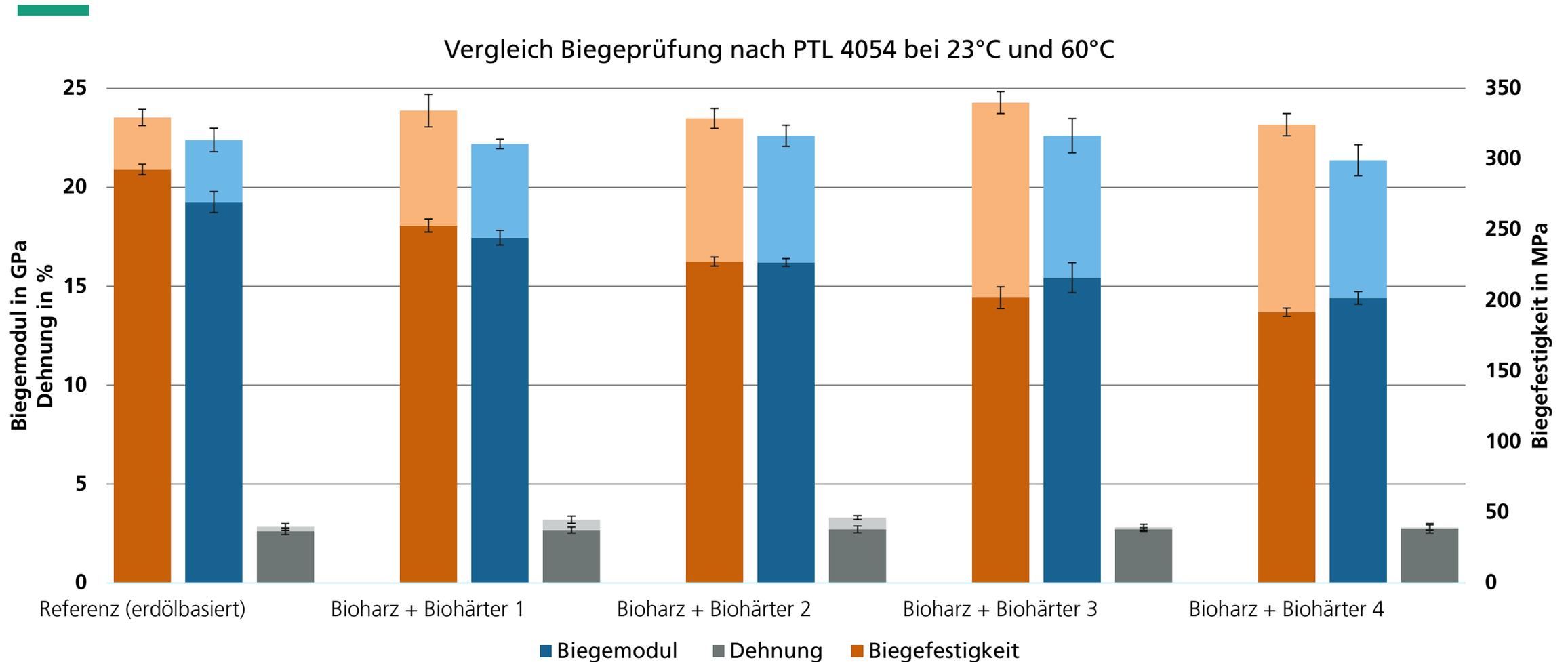


Ergebnisse interlaminare Scherfestigkeit nach DIN EN ISO 14130 Verfahren B

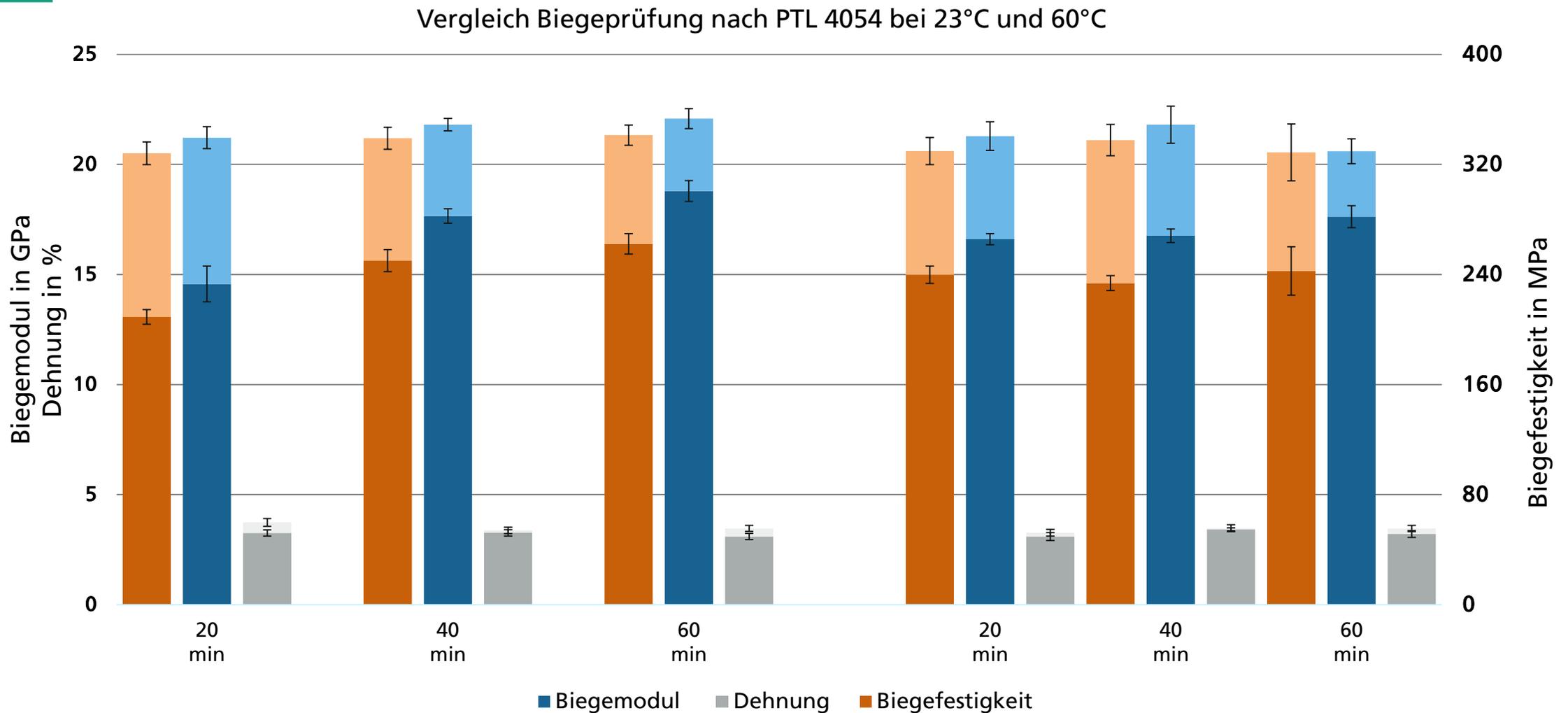
(angepasst nach PTL 4054)



Ergebnisse Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14125 (angepasst nach PTL 4054)

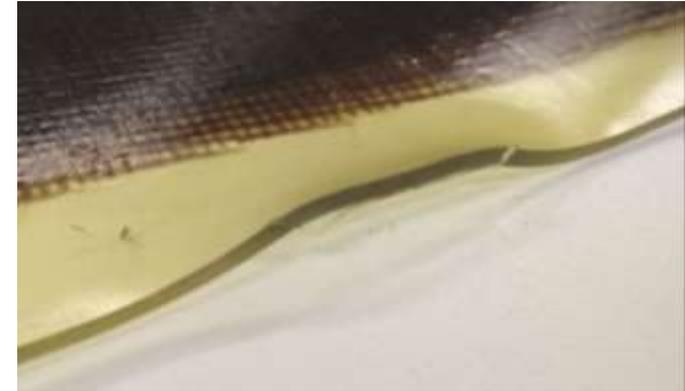


Ergebnisse Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14125 (angepasst nach PTL 4054)



Zusammenfassung verschiedener Härter bei 90°C

- Füllung der Platten mit biobasierten Härtern + Harz möglich
 - Geringe Drücke → niedrige Viskosität durch Vorwärmen
 - Lange Topfzeiten → Systeme weniger reaktiv bei 90°C
 - $TG < \text{Werkzeugtemperatur}$ → Verformung
- Mechanische Kennwerte auf Niveau der Referenz
 - ILS zeigt Tendenz zu geringeren Werten
 - Prüfung bei 60°C führt zu Abfall der Biegeeigenschaften → TG zu gering
- Ergebnisse werden durch DMA/DSC bestätigt
- Verlängerung der Aushärtezeit in einem vertretbaren Maße nur bedingt zielführend

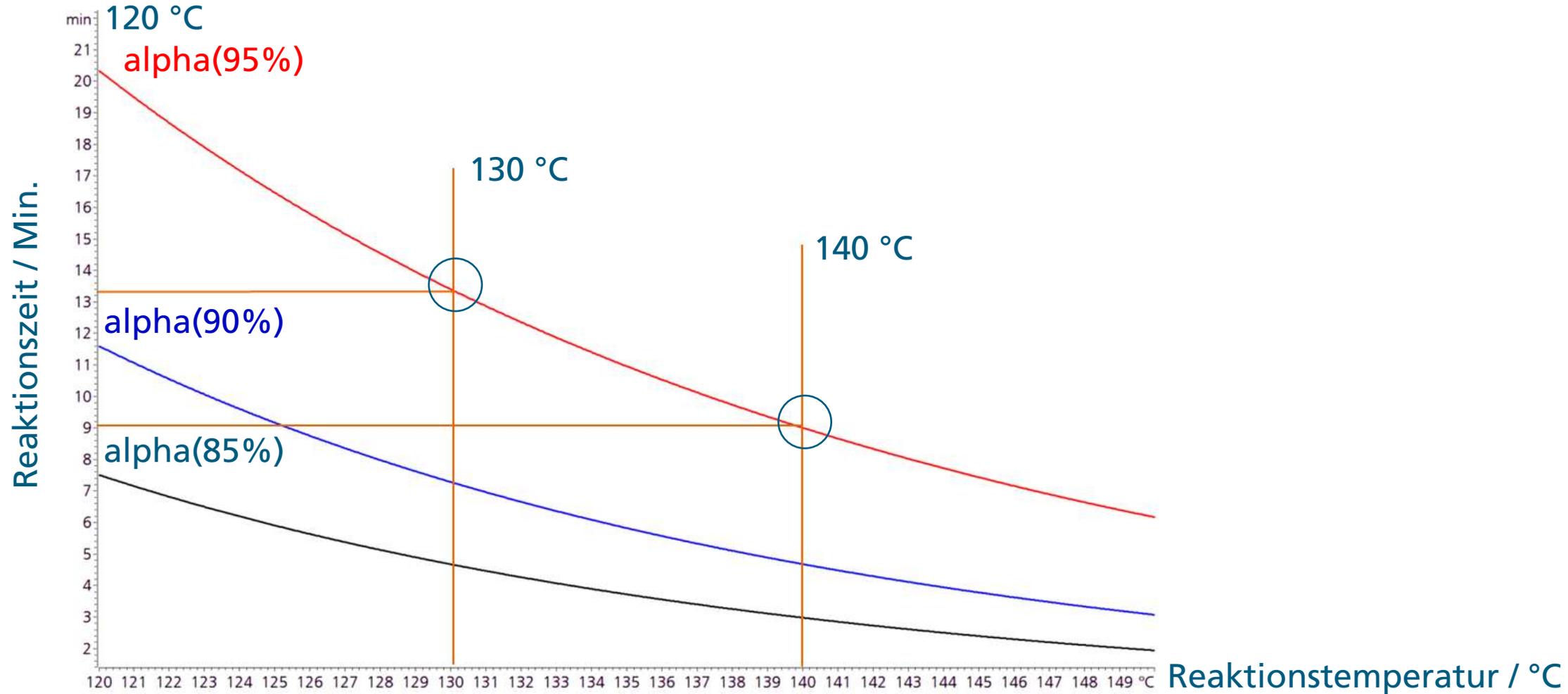


→ Temperatur erhöhen und Zeit auf maximal 30 min

Plattenherstellung bei 105 – 115°C und 30 min

Biohärter 1			
H1 η <math>< H2</math>	105°C; 6 bar; 40 Gew.-%	105°C; 8,5 bar; 50 Gew.-%,	115°C; 8 bar; 40 Gew.-%
Biohärter 2			
	105°C; 6 bar; 40 Gew.-%	105°C; 8,5 bar; 40 Gew.-%	115°C; 8,5 bar; 40 Gew.-%

Kinetik der Aushärtung Bioharz - Biohärter - Isokonversion



Zusammenfassung bei 105 – 115°C und 30 min

- Reaktivität mit zunehmender Temperatur erhöht
 - Injektionsdruck muss erhöht werden, um schnelle Füllung zu ermöglichen
- Viskosität der Härter ist erhöht
 - Harz und Härter wurden auf 55 – 60°C vorgewärmt
 - Injektionsdruck wurde auf Maximum ca. 8,5 bar erhöht
- Umsetzung von Platten mit 40 Gew.-% Fasern möglich
- DMA Messungen zeigen, dass TG in den hergestellten NFK Platten < 100°C
- Weitere Steigerung der Prozesszeit nicht zielführend, damit ist zum aktuellen Zeitpunkt das System am Fraunhofer WKI an seiner Grenze

→ Auswahl der zwei System, um industrielle Abmusterung mit mehr Druck + Temperatur durchzuführen

Exkurs: Anwendungsbeispiel außerhalb RTM => folgender Vortrag

- Infusion mit Bioharz + Biohärter
 - Harz und Biohärter auf + Werkzeug auf 60°C temperiert, Infusion erfolgreich, Fließfront kühlt jedoch aufgrund der geringen Filmdicke sehr schnell ab
 - Ohne Vorwärmung → Harz war nicht warm genug, Infusion sehr, sehr langsam, Werkzeug kühlt runter da nicht aktiv beheizt

→ VARI grundsätzlich für Bauteil möglich, es sollte jedoch

- Harz auf jeden Fall temperiert werden, Werkzeug, wenn möglich
- Mehrere Infusionspunkte bzw. über Fließhilfen die Verteilung beschleunigt werden, um Fließwege zu verkürzen



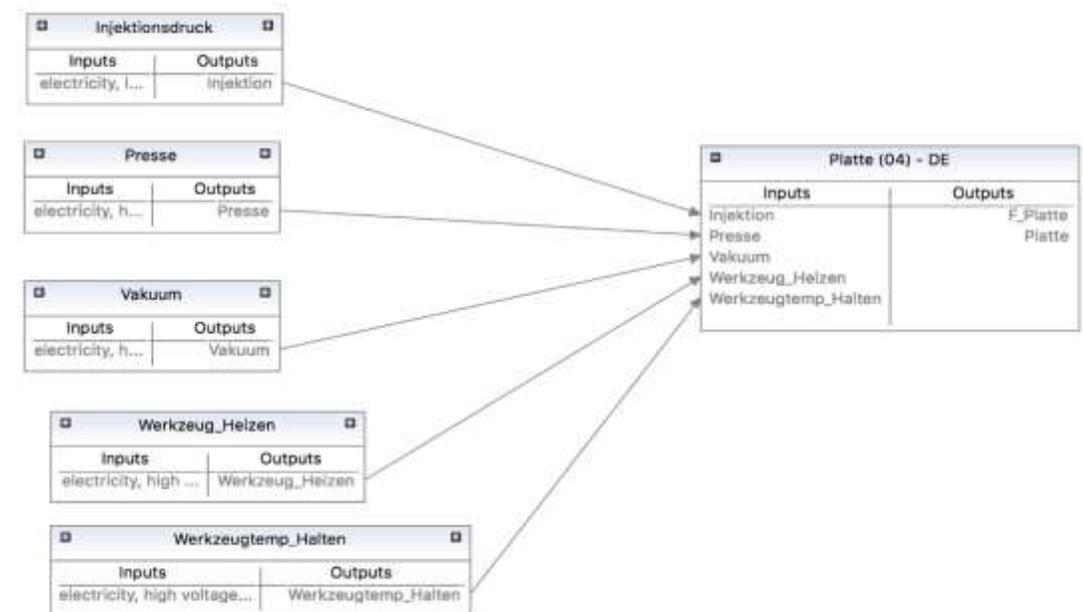
Agenda

- Einführung Bioverbundwerkstoff
- Ausgangslage und abgeleitete Zielstellung
- Verarbeitung biobasierter Härter im RTM Prozess
- Energetische Aspekte des RTM Prozesses
- Zusammenfassung und Ausblick



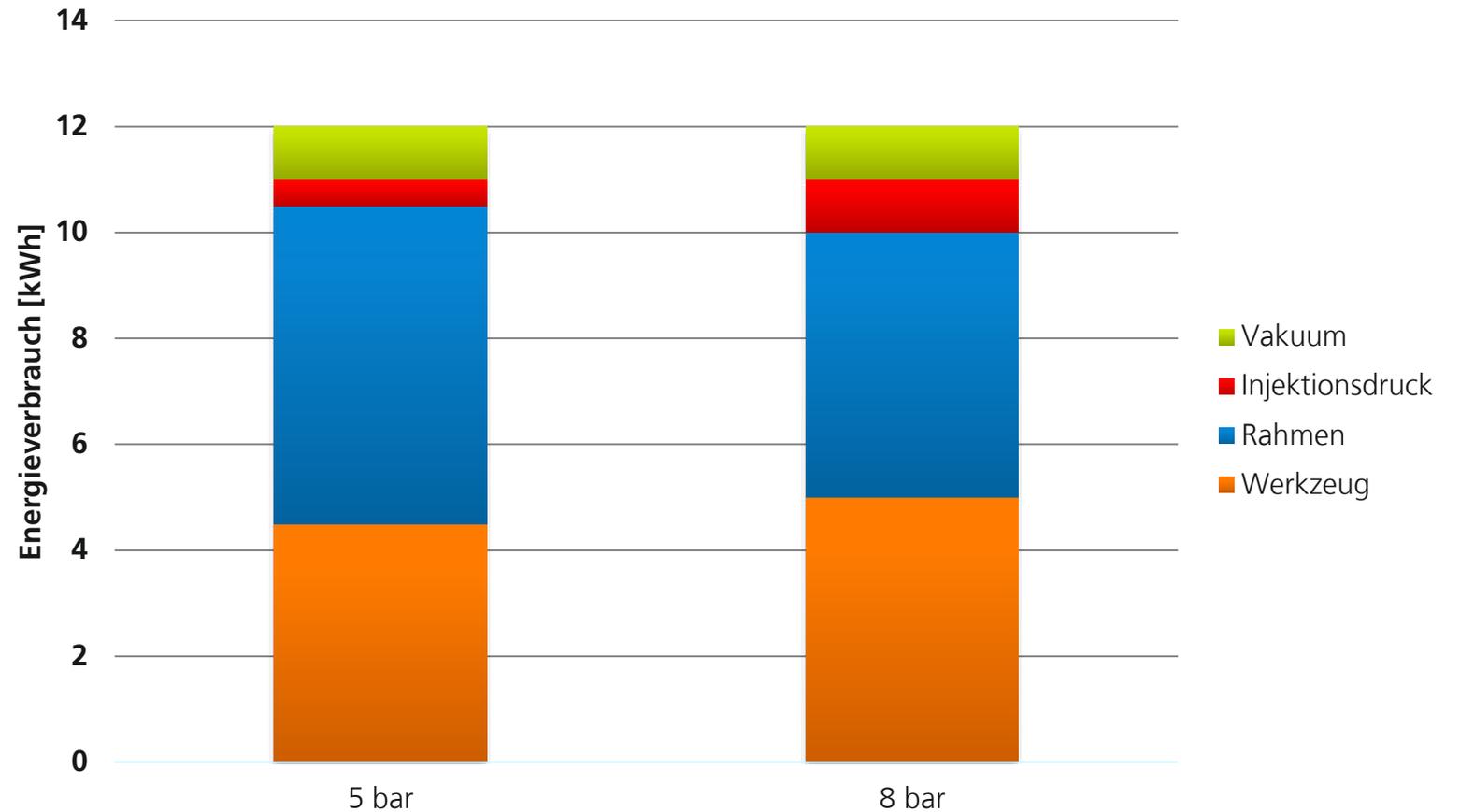
Energetische Aspekte des RTM Prozesses

- Übergeordnetes Ziel ist die Modellierung des Türenlebenszyklus mittels OpenLCA
- Erster Schritt ist eine Dominanzanalyse für die Verarbeitung von NFK mittels RTM
 - Welche energetischen Hotspots gibt es?
 - Was ist der Prozessrahmen, um CO2 Vorteile eines NFK (gegenüber CFK) zu erhalten?
- Erfassung aller Verbraucher: Temperierung, Presskraft, Injektionsdruck, Unterdruck + (Trocknung) für ein System (biobasiertes Harz mit erdölbasiertem Härter)
- Vergleichende Zielgröße ist der TG



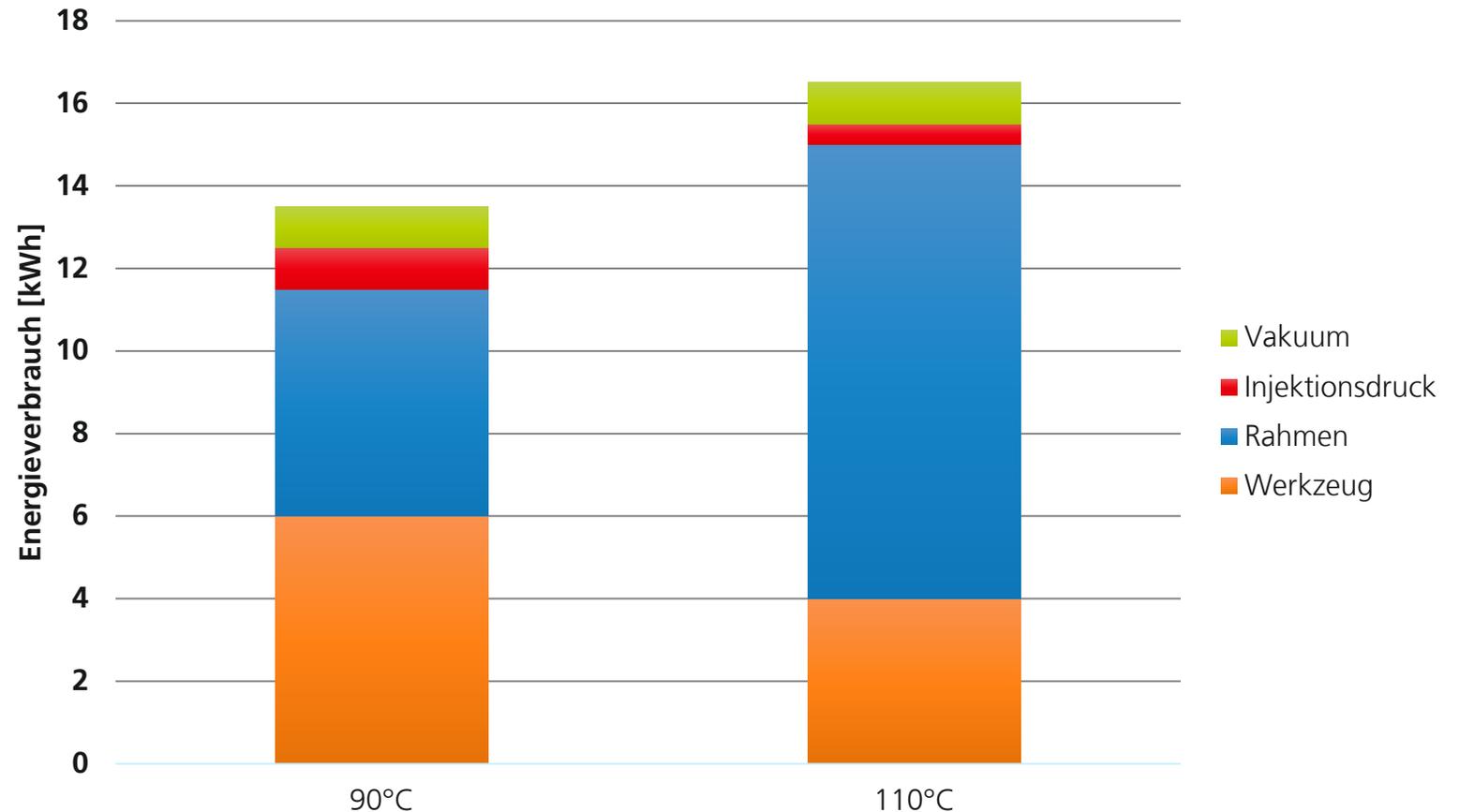
Energetische Aspekte des RTM Prozesses - Injektionsdruck

- 2 Kreisläufe => Gemittelte Werkzeugtemperatur: 90°C
- Prozesszeit: 20 min
- Druck von 5 auf 8 bar erhöht
- Injektionsdruck ist zu vernachlässigen
- Daten sind werkzeugbezogen



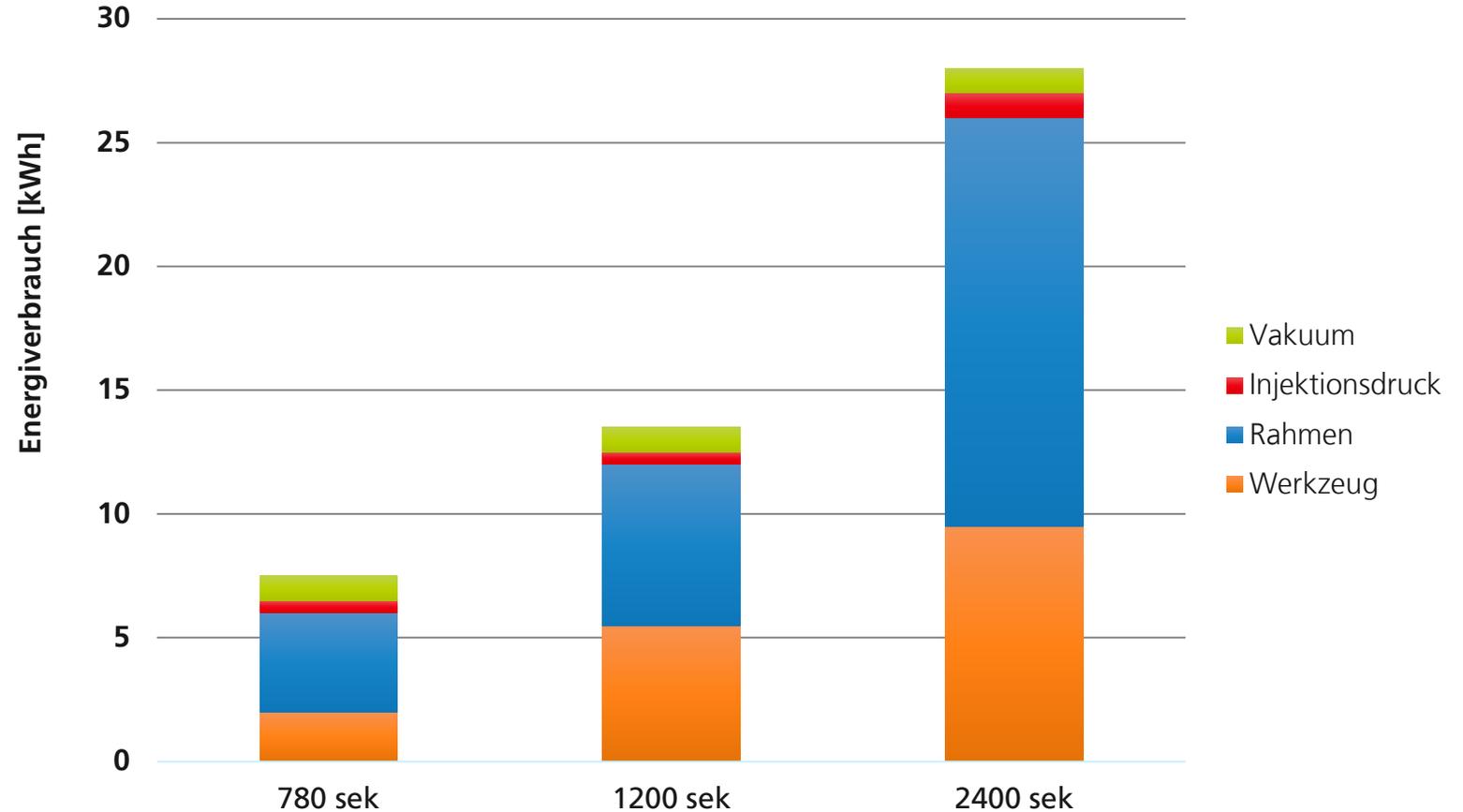
Energetische Aspekte des RTM Prozesses - Temperatur

- Prozesszeit: 20 min
- Faseranteil von 40 Gew.-%
- Werkzeugtemperatur von 90°C auf 110°C erhöht (Notwendig sind mindestens 130°C)
- Energieverbrauch steigt um ca. 20% bei einer Erhöhung der Aushärtetemperatur um 20 K
- Daten sind werkzeugbezogen



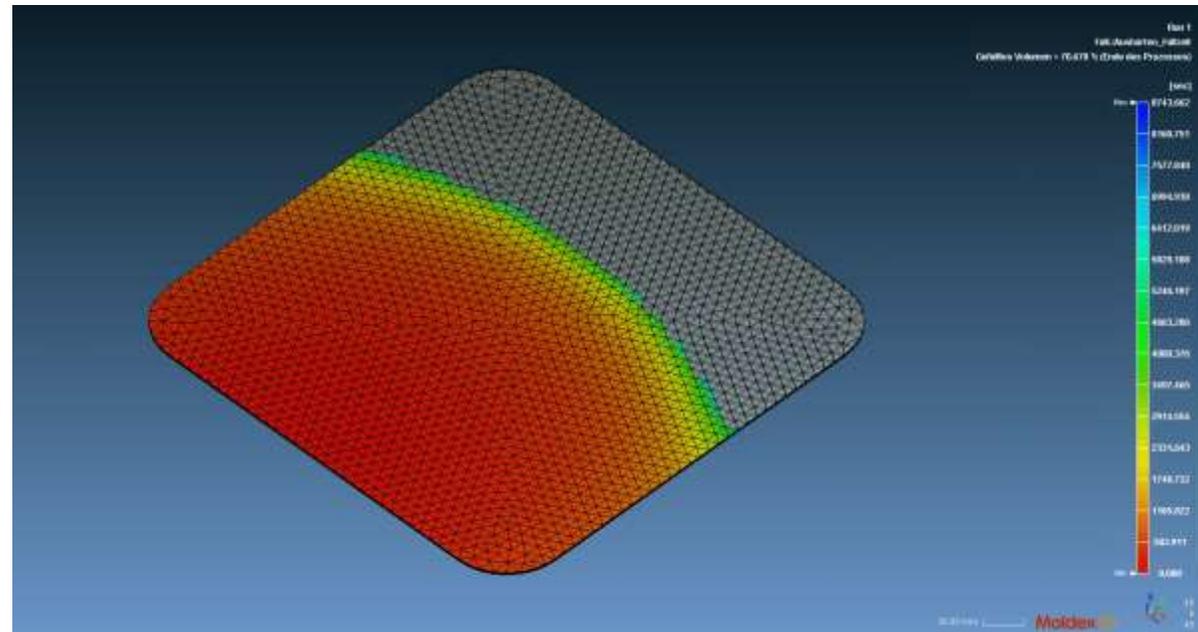
Energetische Aspekte des RTM Prozesses - Zeit

- Gemittelte Werkzeugtemperatur: 90°C
- Aushärtezeit zwischen 13 und 40 min
- Energieverbrauch steigt bzw. sinkt ca. um 50 %
- Hauptlast verschiebt sich auf Kosten des Rahmens
- Daten sind werkzeugbezogen



Energetische Aspekte des RTM Prozesses – Zusammenfassung und Ziel

- Erhöhung der Aushärtetemperatur zielführender als Aushärtezeit zu verlängern
- Erhöhung der Aushärtetemperatur muss mit einer Verringerung der Aushärtezeit einhergehen, bei + 40°C Werkzeugtemperatur bedeutet dies etwa die Halbierung der Prozesszeit
- Berücksichtigung weiterer Parameter: Druck und Vortrocknung und eingesetzten Materialien
- Injektions-/Abschaltdruck ist zu vernachlässigen
- Verknüpfung energetischer Daten mit Füllsimulation über Moldex3D mit der Zielgröße Prozesszeit und TG



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

www.wki.fraunhofer.de