



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



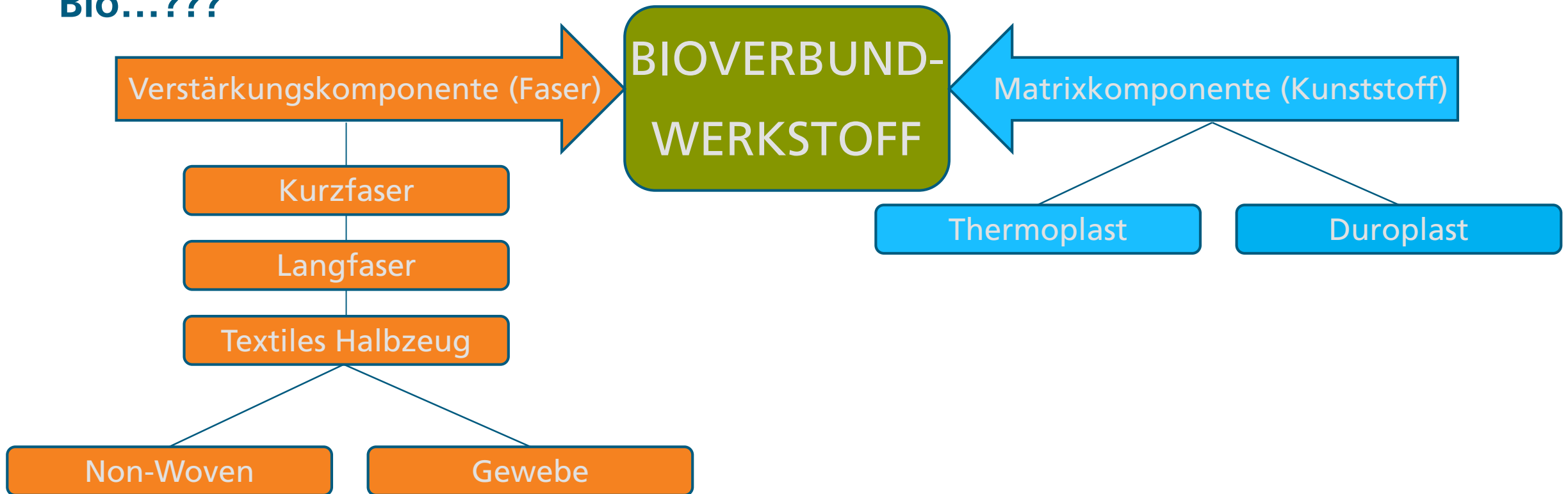
# Einführung Bioverbundwerkstoff - Definition



## Bio...???

# Einführung Bioverbundwerkstoff - Definition

Bio...???



# Einführung Bioverbundwerkstoff – Einsatz von Naturfasern

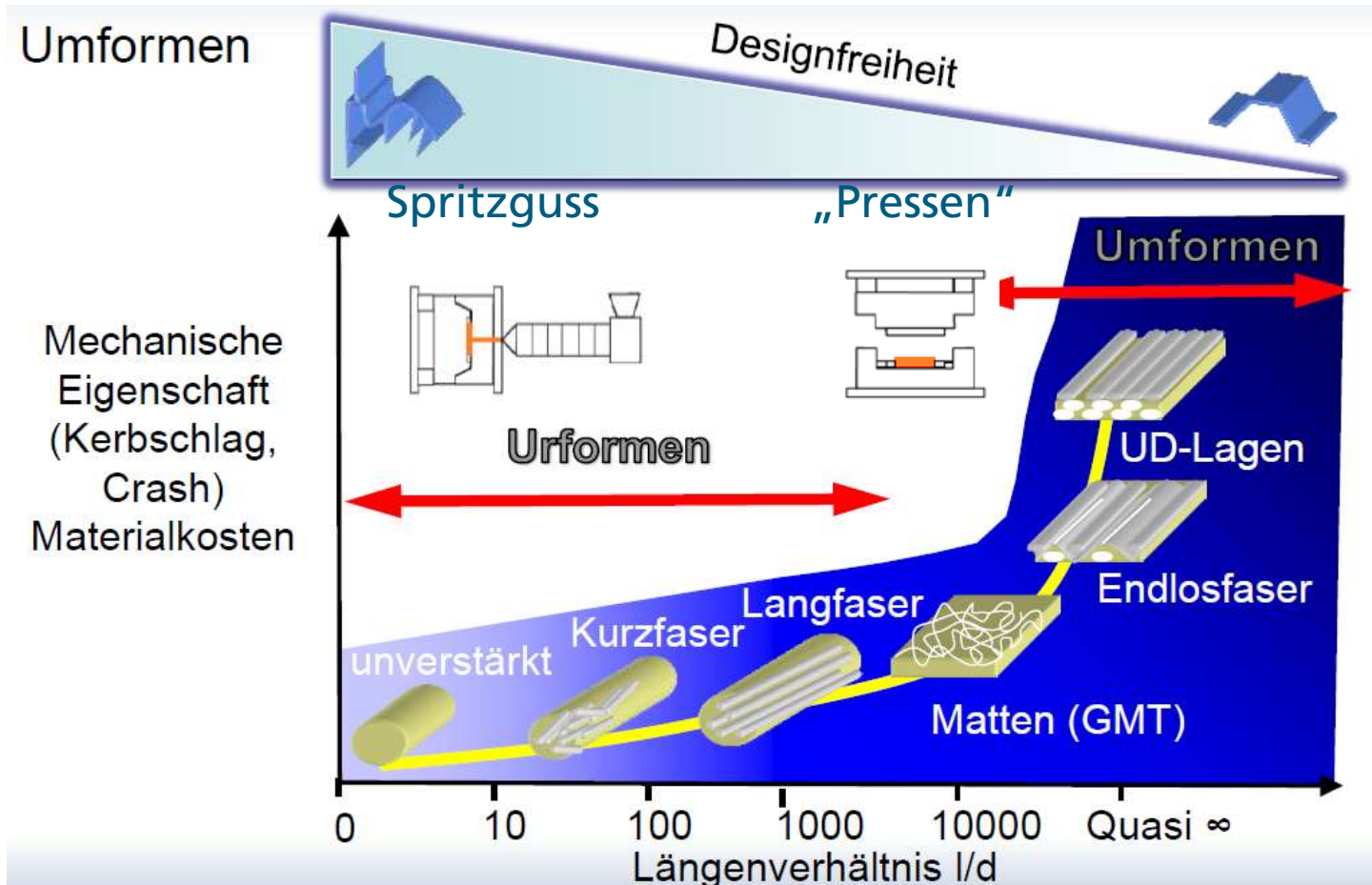
## Vorteile:

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

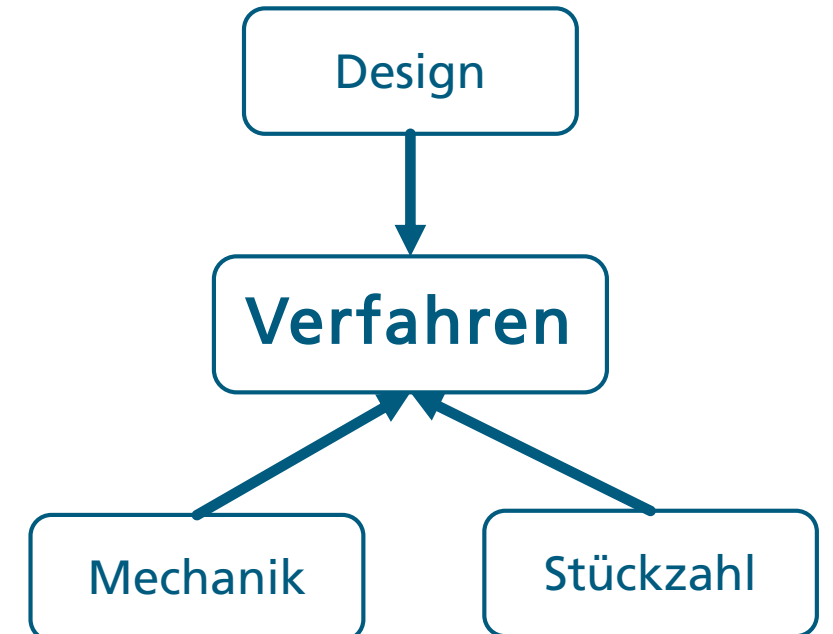
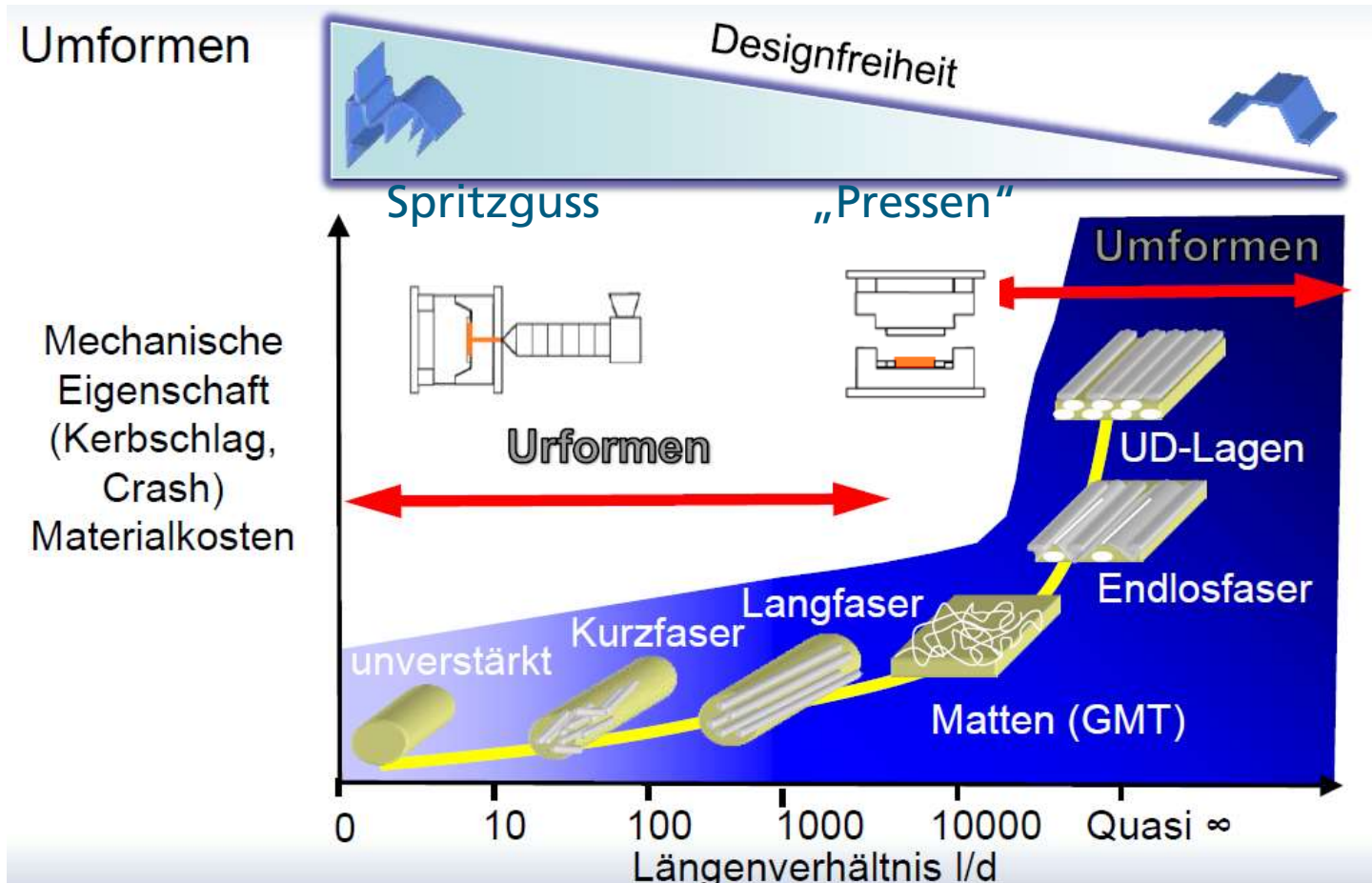
## Nachteile:

- 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

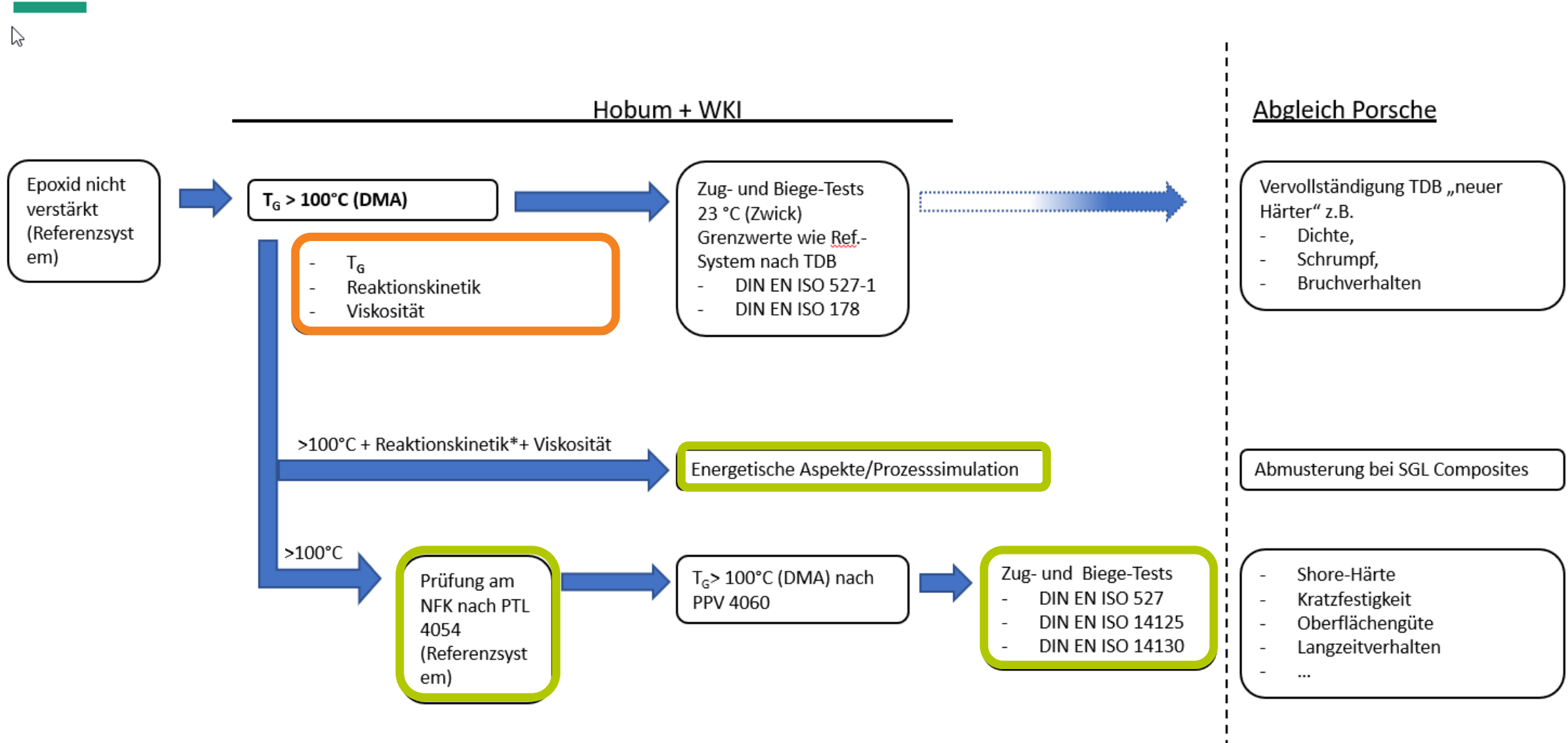


# Zielstellung von BioResinProcess

---

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 CO<sub>2</sub> 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



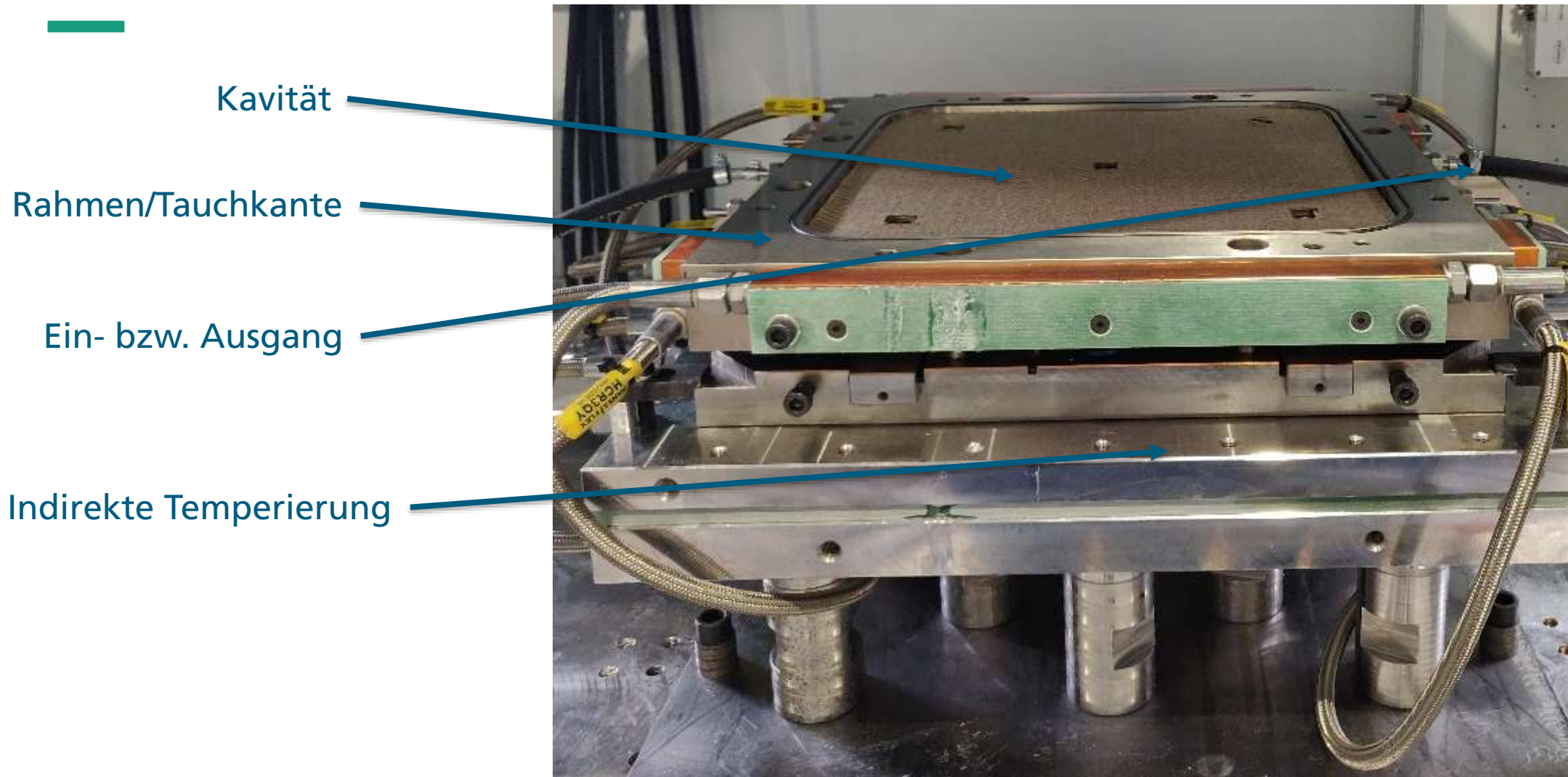
- Ziel: erste Bewertung der Härter Systeme hinsichtlich einer Umsetzung mittels RTM
  - Herstellung von Prüfplatten
    - Erdölbasiertes Standardsystem und teilbiobasierte System als Referenz
    - Verarbeitung der biobasierten Härter + biobasiertes Harz
    - Laminataufbau aus dem Plybook der Tür
- 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

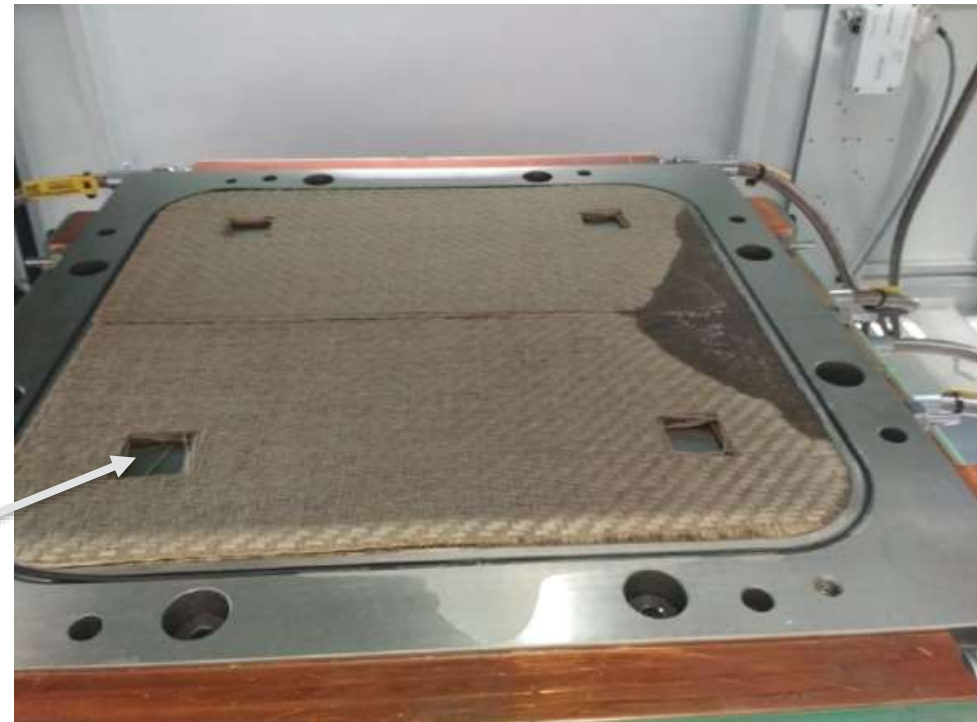
# Drucksystem



# 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





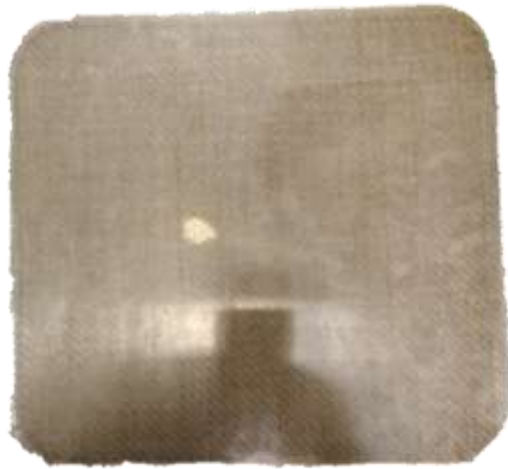
# Plattenherstellung Referenzsystem(e)

- 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/m<sup>2</sup>, 4 Lagen (≈ 0,525 mm) → entspricht Ausschnitt aus der Tür
  - Aufbau 2: 1250 g/m<sup>2</sup>, 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 Abschalttdruck
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**

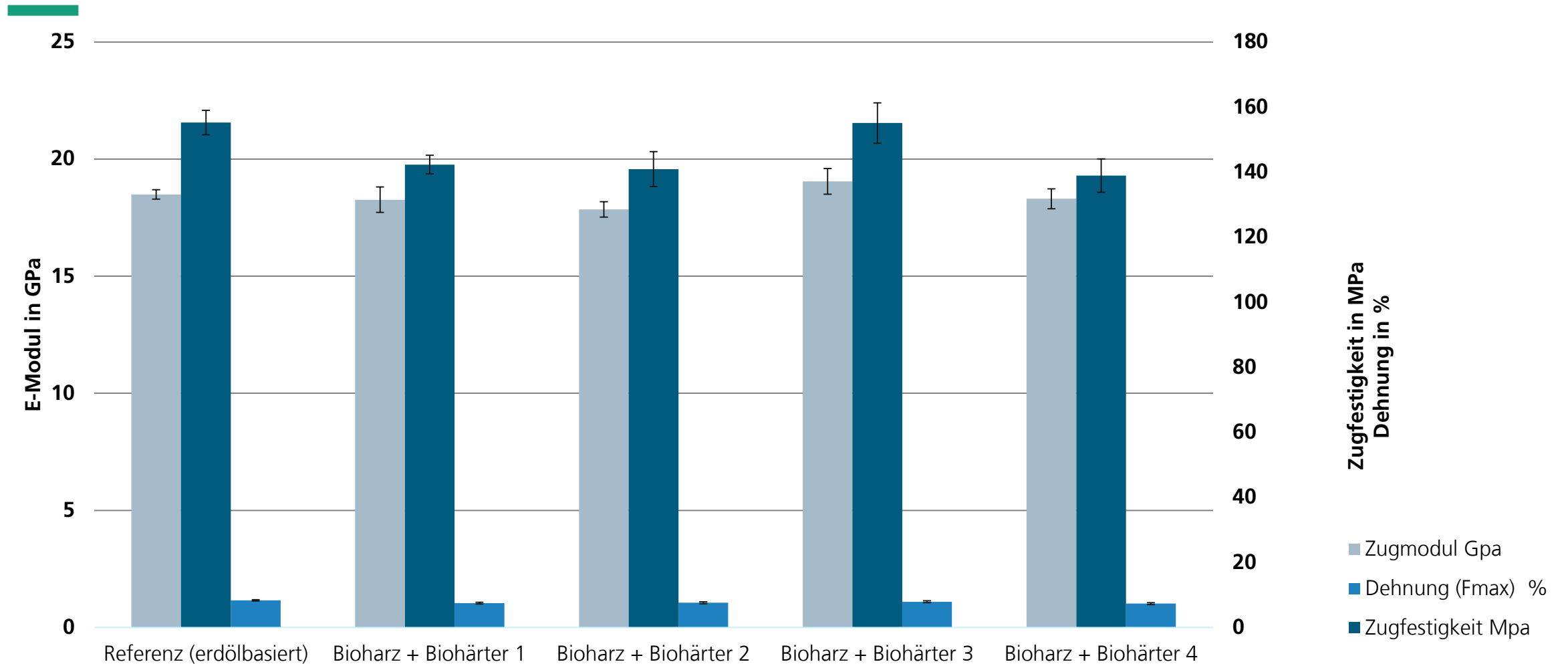
**Bioharz + Biohärter 3**

Viskosität ansteigend von links nach rechts

Härter auf 60°C vorgewärmt + Harz bei RT

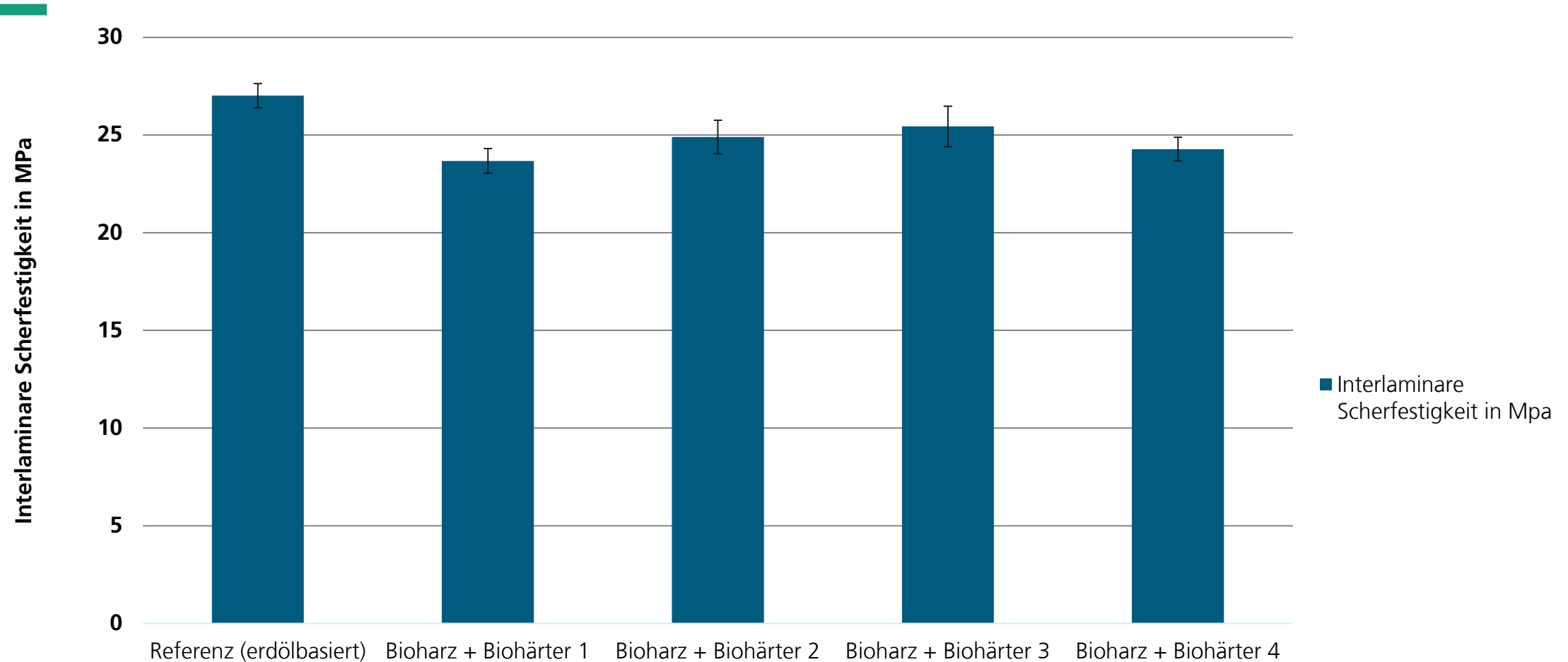
Injektionsdruck steigt von links nach rechts (3,5 – 5,5 bar)

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

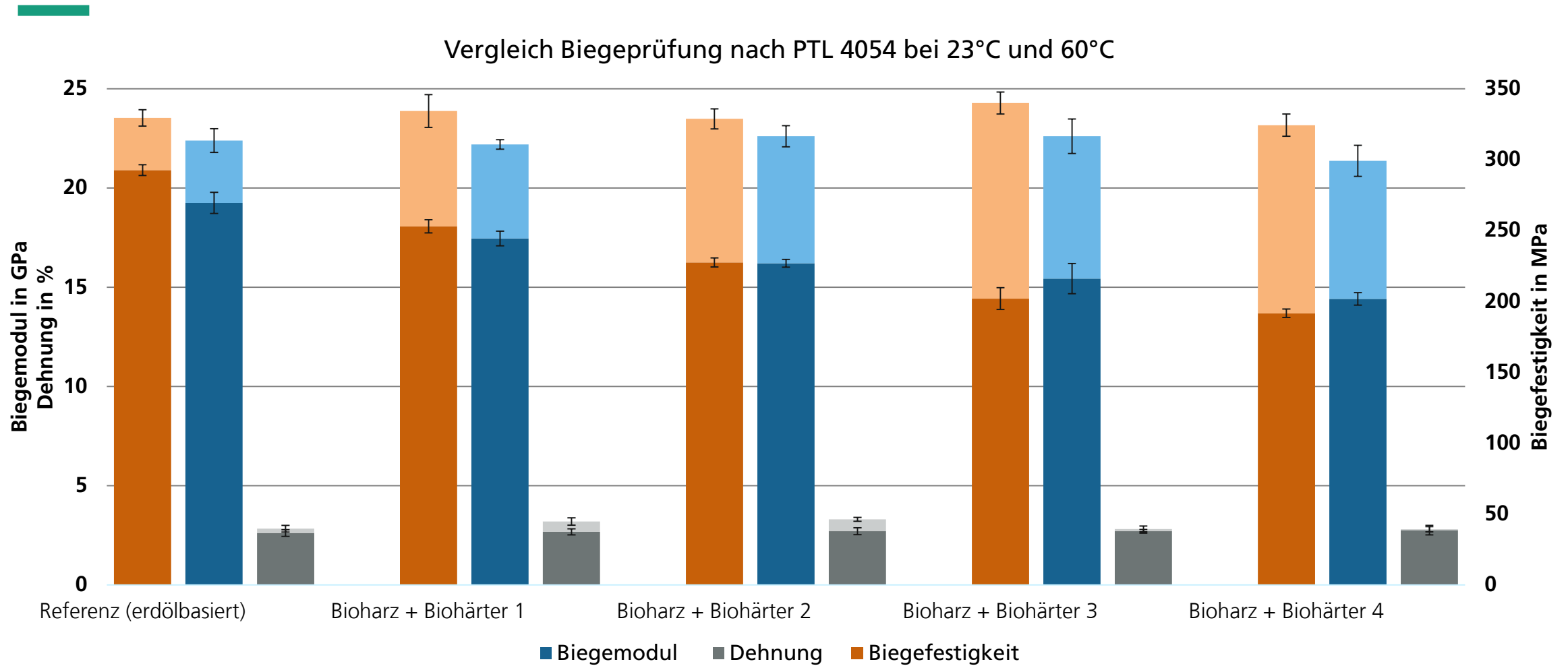


# Ergebnisse interlaminare Scherfestigkeit nach DIN EN ISO 14130 Verfahren B

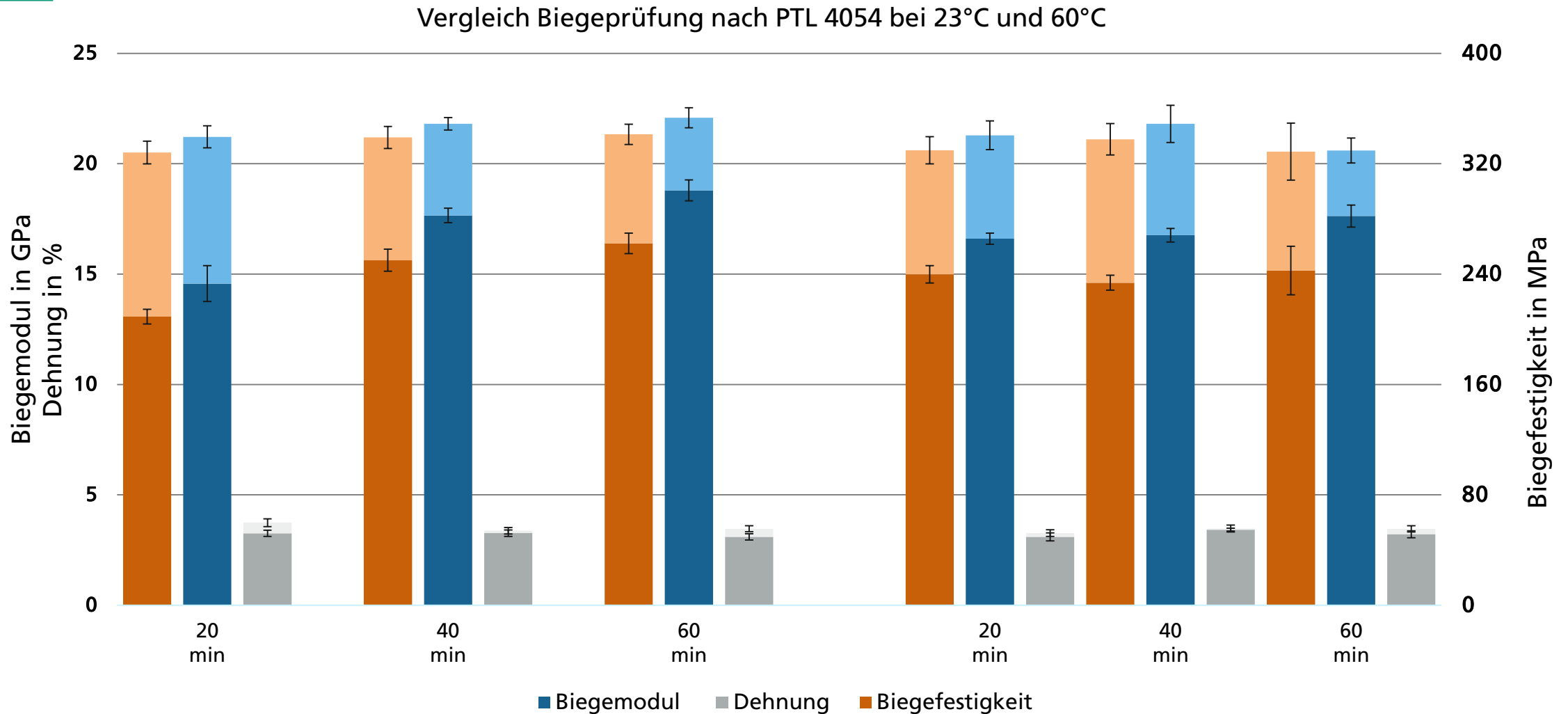
(angepasst nach PTL 4054)



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

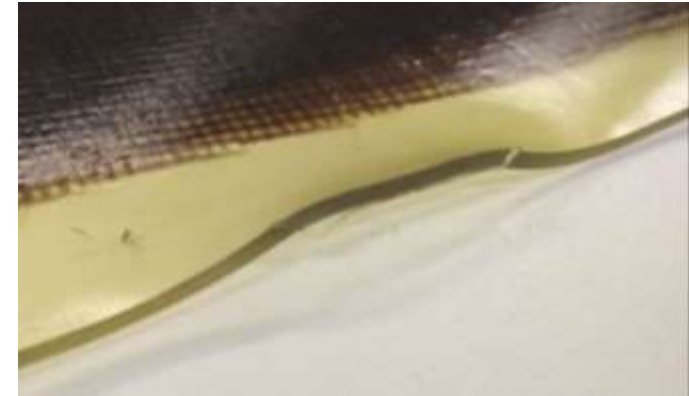


# Ergebnisse Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14125 (angepasst nach PTL 4054)









# 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



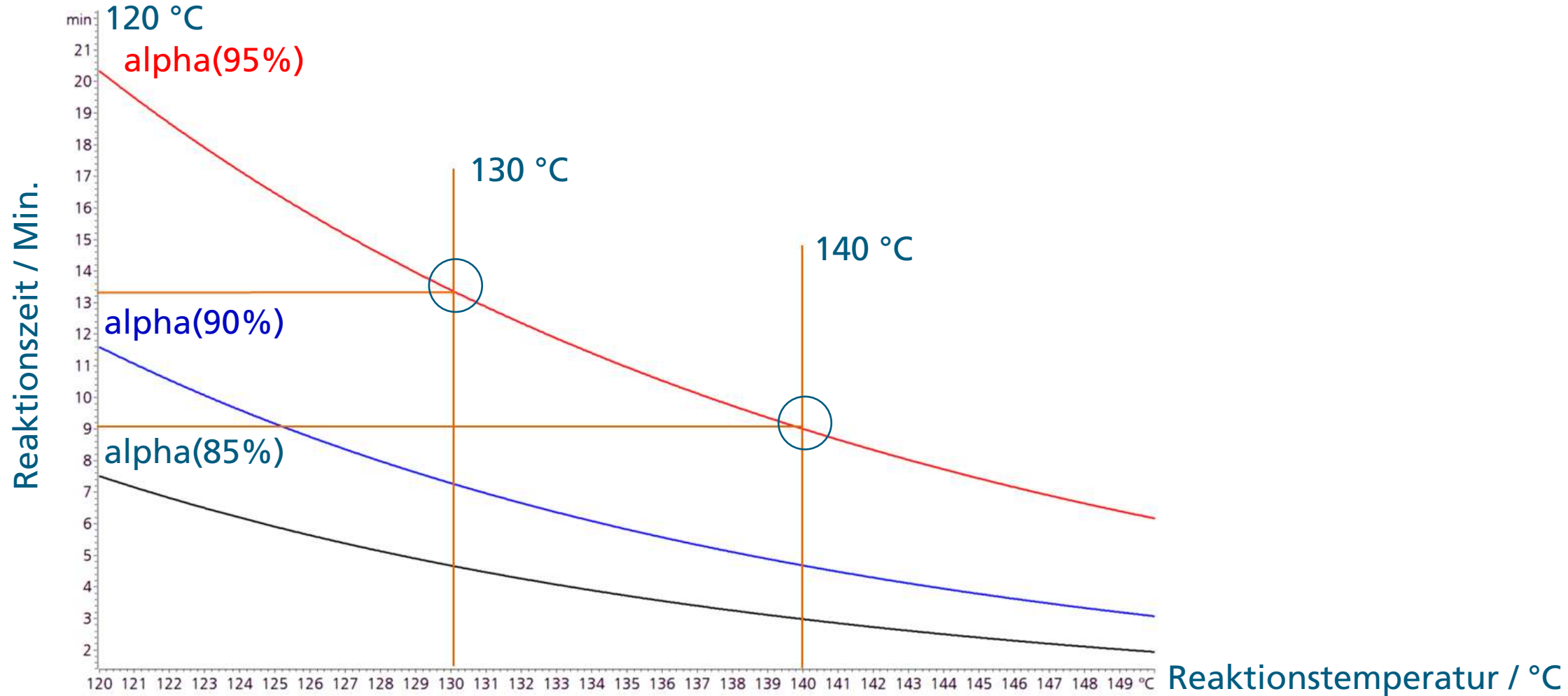
→ Temperatur erhöhen und Zeit auf maximal 30 min

# Plattenherstellung bei 105 – 115°C und 30 min

Biohärter 1			
H1 <math>\eta</math> <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

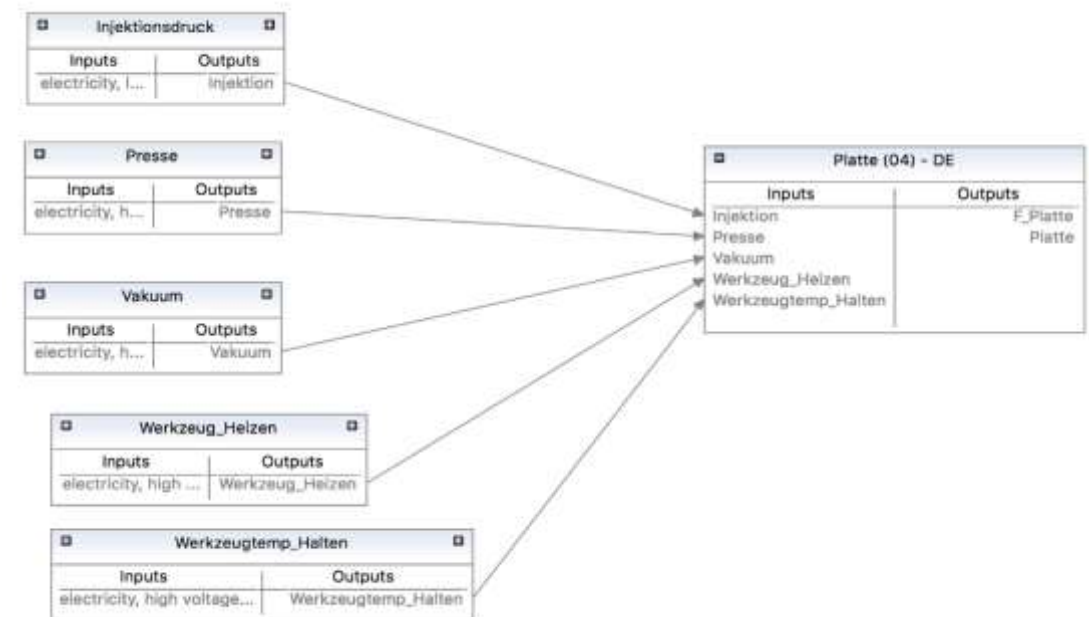
---

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



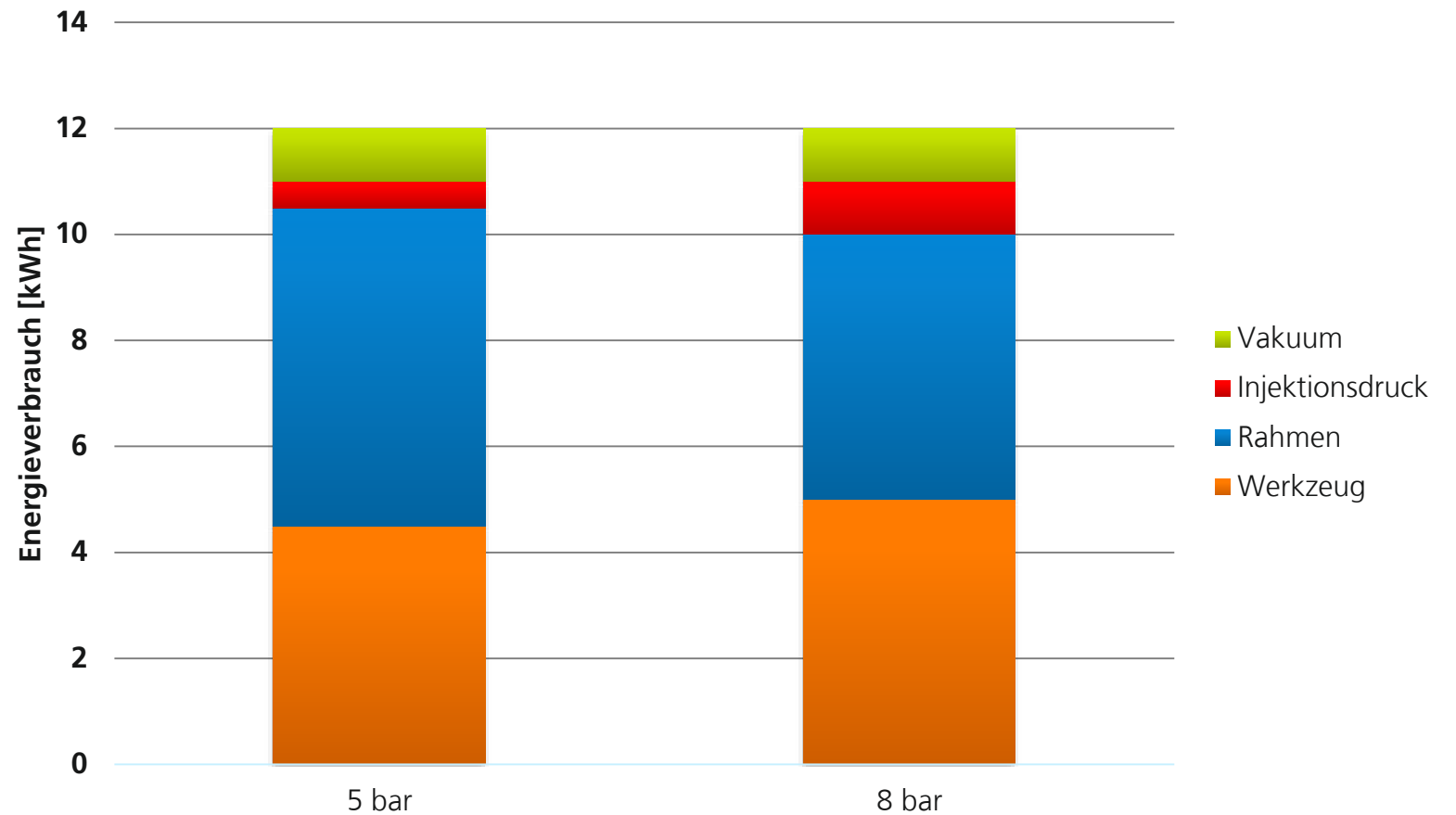
# Energetische Aspekte des RTM Prozesses

- 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



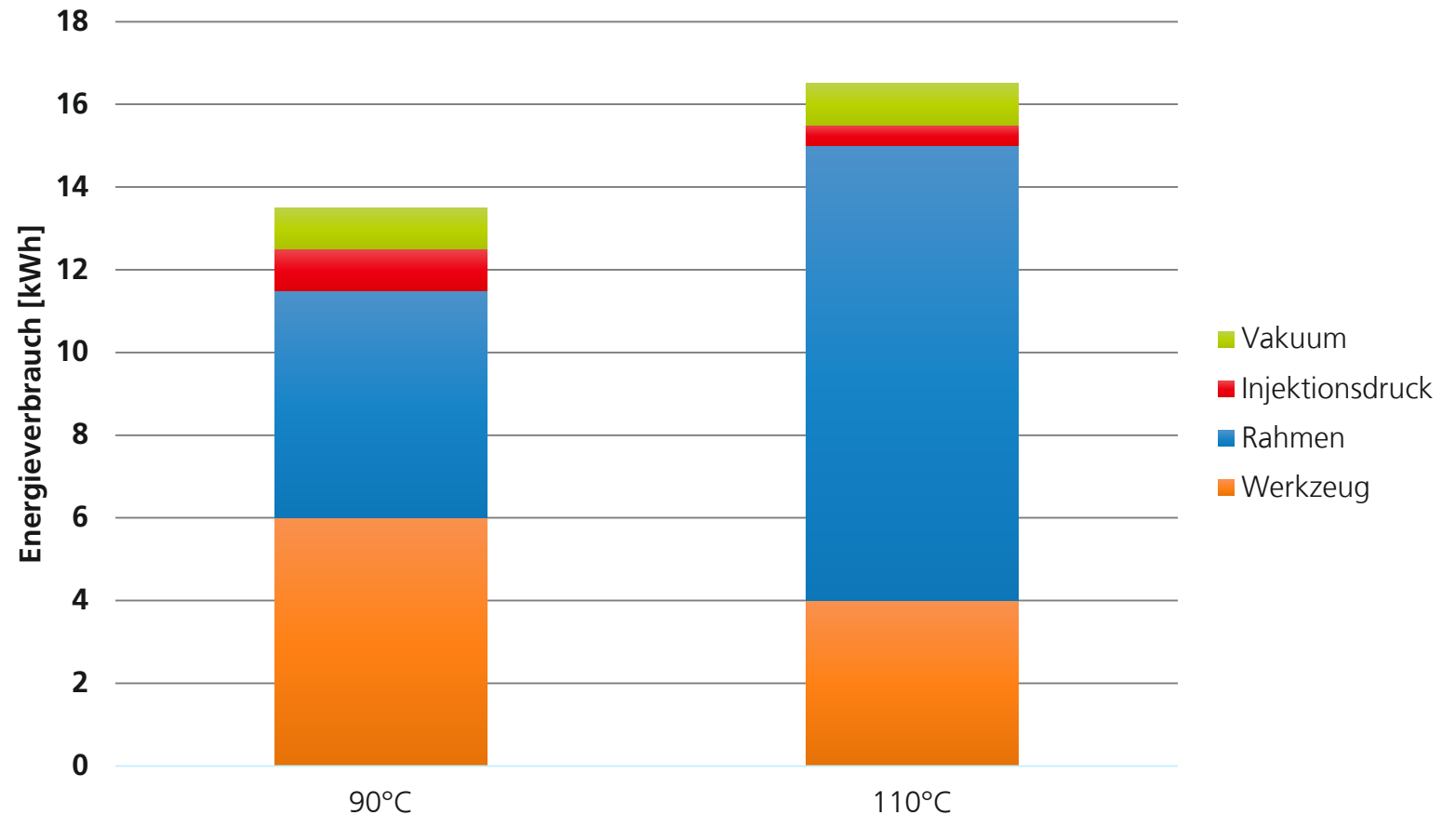
# Energetische Aspekte des RTM Prozesses - Injektionsdruck

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



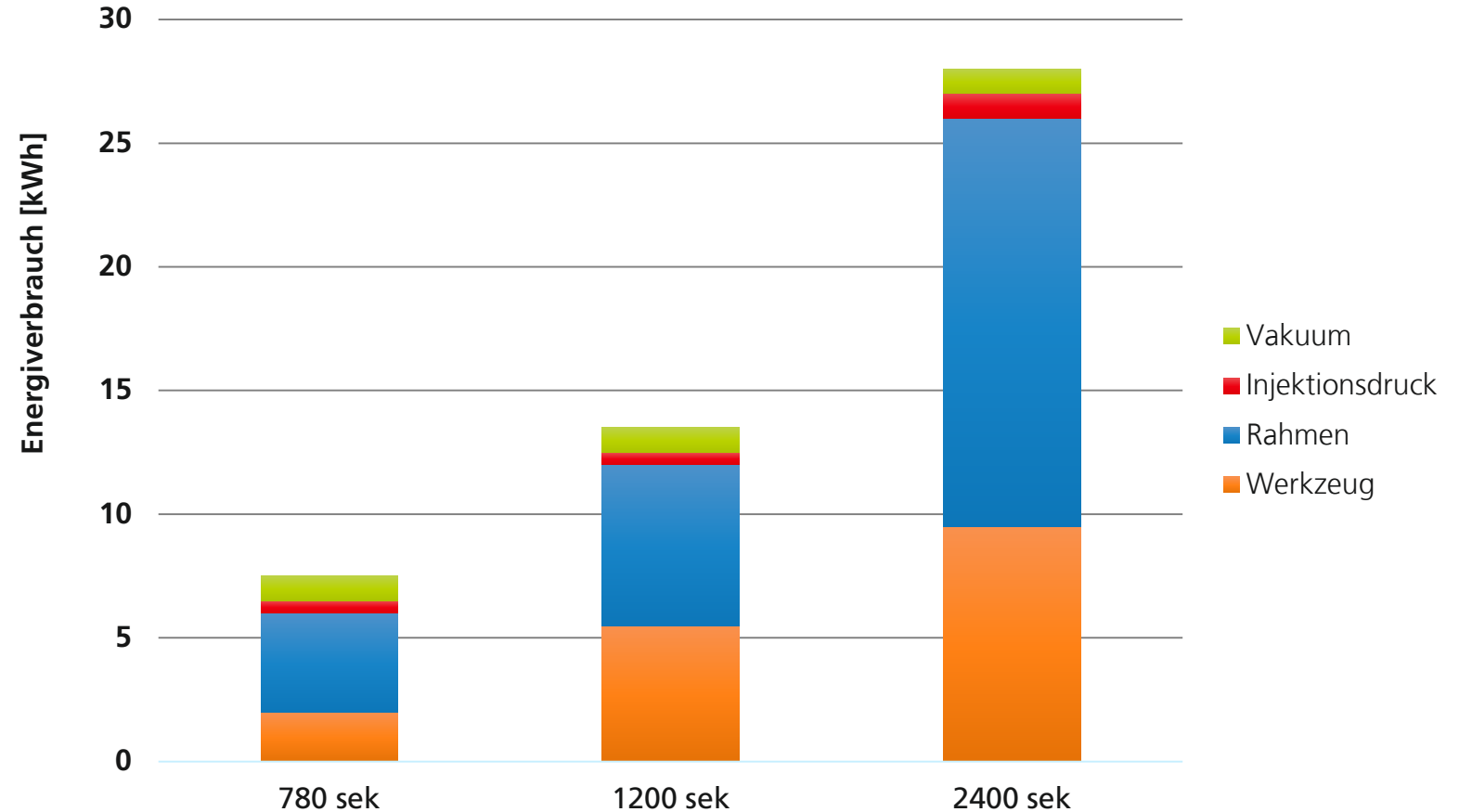
# Energetische Aspekte des RTM Prozesses - Temperatur

- 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

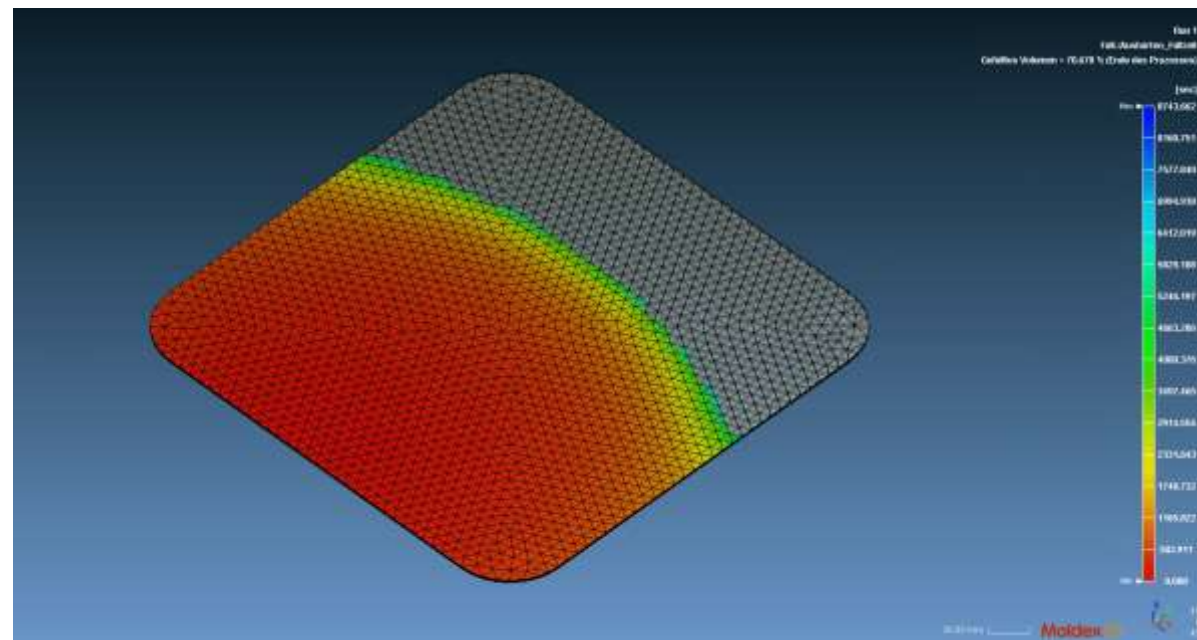
- Gemittelte Werkzeugtemperatur: 90°C
- Aushärtezeit zwischen 13 und 40 min
- Energieverbrauch steigt bzw. sinkt ca. um 50 %
- Hauptlast verschiebt sich auf Kosten des Rahmens
- Daten sind werkzeugbezogen





# 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](http://www.wki.fraunhofer.de)