
MATERIALCHARAKTERISIERUNG ENTLANG DER ENTWICKLUNGSKETTE

Material Characterization along the development chain



AGENDA

- Vorstellung Fraunhofer IGCV
- Materialcharakterisierung am Beispiel Pultrusion
 - Bewertung der Faser-Matrix Haftung für neue Verbundsysteme
 - Bewertung des Harzfluss mittels Rheologie
 - Aushärtensimulation aus DSC-Daten
 - Qualitätskontrolle durch mechanische Prüfung
- Gesamtübersicht Prüftechnik

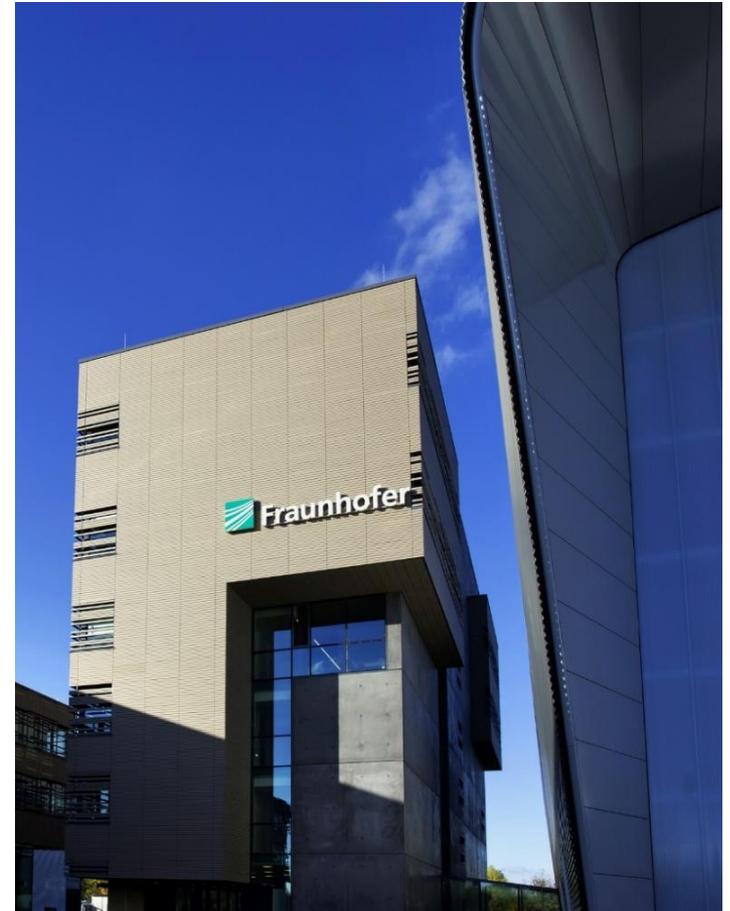
FRAUNHOFER IGCV

Daten und Fakten

- **Gründung:** 1. Juli 2016
- **Einrichtungsleitung:**
 - Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart (geschäftsführend)
 - Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler
 - Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk
- **Entwicklungsziel:** Ausbau zu einem selbstständigen Fraunhofer-Institut
- **Standort Augsburg – Hauptsitz:**
 - Leitung, Verwaltung, Wissenschaftsbereiche: Verarbeitungs- und Compositetechnik
- **Standort Garching bei München:**
 - Wissenschaftsbereich Gießereitechnik
- **Standort Ludwig Bölkow Campus:**
 - Wissenschaftsbereich Effiziente Faserverbundbauweise & Fertigungstechnologien für Luftfahrtanwendungen
- **Gefördert von:**



Fraunhofer



DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschungsfelder

**Gesundheit und
Umwelt**



**Mobilität und
Transport**



**Kommunikation und
Wissen**



Energie und Rohstoffe



Schutz und Sicherheit



**Produktion und
Dienstleistung**



 **Fraunhofer**
IGCV

Fraunhofer IGCV

Wir nutzen unsere Synergien:

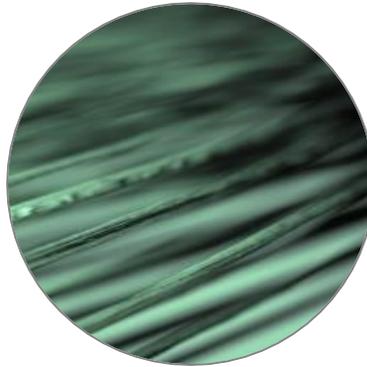


Gießereitechnik

Formstoffe

.....
Sand- und Kokillengießverfahren

.....
Simulation und Auslegung
von Form- u. Gusskomponenten



Compositetechnik

Hybride Mischbauweisen

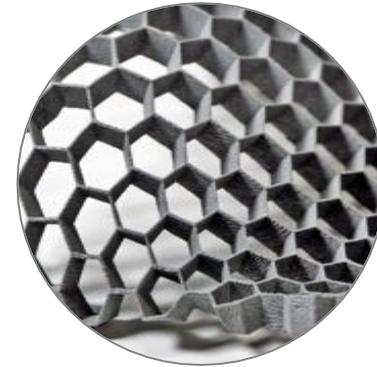
.....
Online-Prozess-Monitoring

.....
Materialien und Prüftechnik

.....
CFK-Fertigungstechnologien

.....
Recycling

.....
Effizienz und Bilanzierung



Verarbeitungstechnik

Ressourceneffizienz in Fabriken

.....
Intelligent vernetzte Produktion

.....
Flexibilisierung der Produktion

.....
Vernetzte Modellbildung und
Simulation

.....
Additive Fertigung

Fraunhofer IGCV

Wir nutzen unsere Synergien:

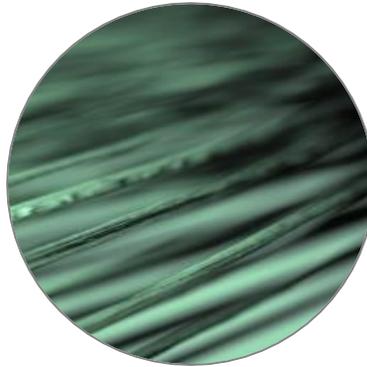


Gießereitechnik

Formstoffe

Sand- und Kokillengießverfahren

Simulation und Auslegung
von Form- u. Gusskomponenten



Compositetechnik

Hybride Mischbauweisen

Online-Prozess-Monitoring

Materialien und Prüftechnik

CFK-Fertigungstechnologien

Recycling

Effizienz und Bilanzierung



Verarbeitungstechnik

Ressourceneffizienz in Fabriken

Intelligent vernetzte Produktion

Flexibilisierung der Produktion

Vernetzte Modellbildung und
Simulation

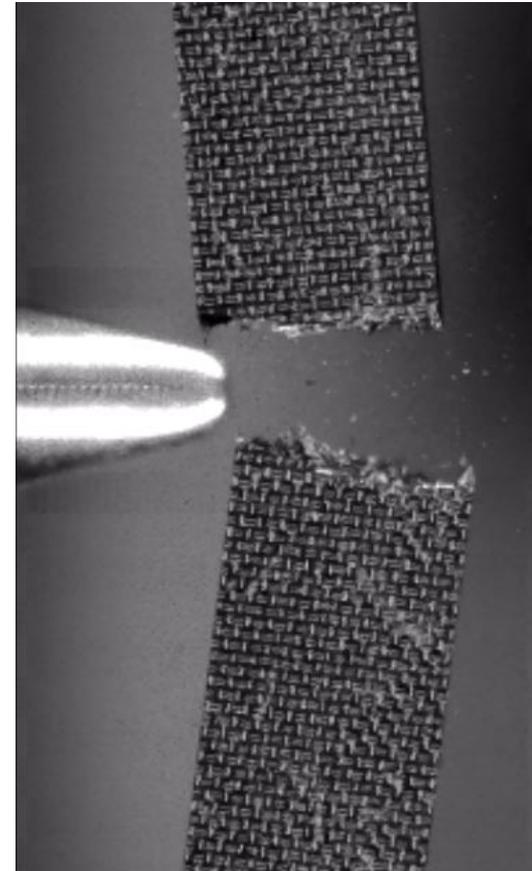
Additive Fertigung

Compositetechnik

Materialien und Prüftechnik

Forschungsfelder:

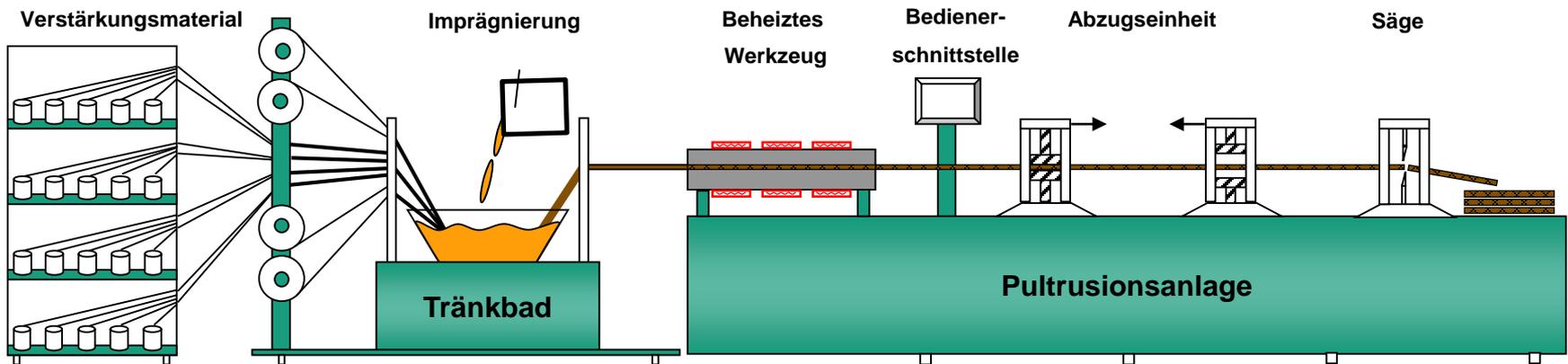
- Unterstützung bei der Material- und Prozessentwicklung
- Optimierung der Prozessparameter
- Charakterisierung der Roh- und Endmaterialien
- Identifizierung von Potential und Performance
- Ermittlung von quasi-statischen und dynamischen Kennwerten für Bauteil- und Prozesssimulation
 - Thermo-Chemische Analytik
 - Rheologie
 - Chemische Analysen und Faser-Matrix Interaktionen
 - Mechanische Prüfung (quasistatisch und dynamisch)



FASERVERBUND HERSTELLUNG

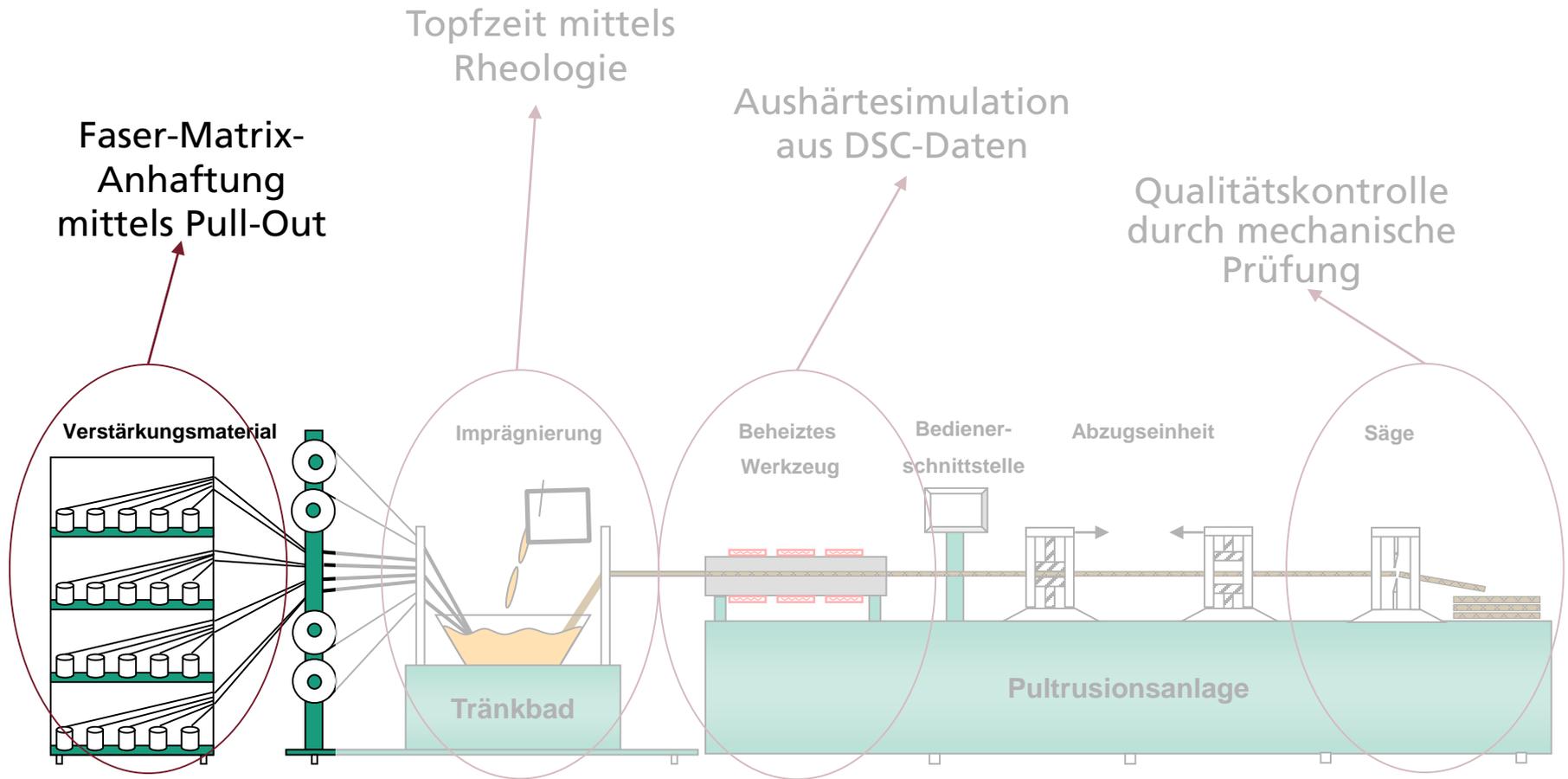
Pultrusion für Fasererbundprofile

- Hoher Fasergehalt, Endlosfaserverstärkungen → Potenzial für die Herstellung von Hochleistungsbauteilen
- Hohe Produktivität, niedrige Betriebskosten
- Ausgereifte Technologie (UP / VE / Epoxy Harzsysteme)
- Aktuelle Anwendungen insbesondere in Infrastruktur und elektrische Isolatoren
- Aktuelle Entwicklungsschwerpunkte: PUR Harzsysteme, Harzeinspritzverfahren, Kombination mit Formgebungsprozessen



MATERIALCHARAKTERISIERUNG

Einsatzmöglichkeiten



Faser-Matrix Haftung

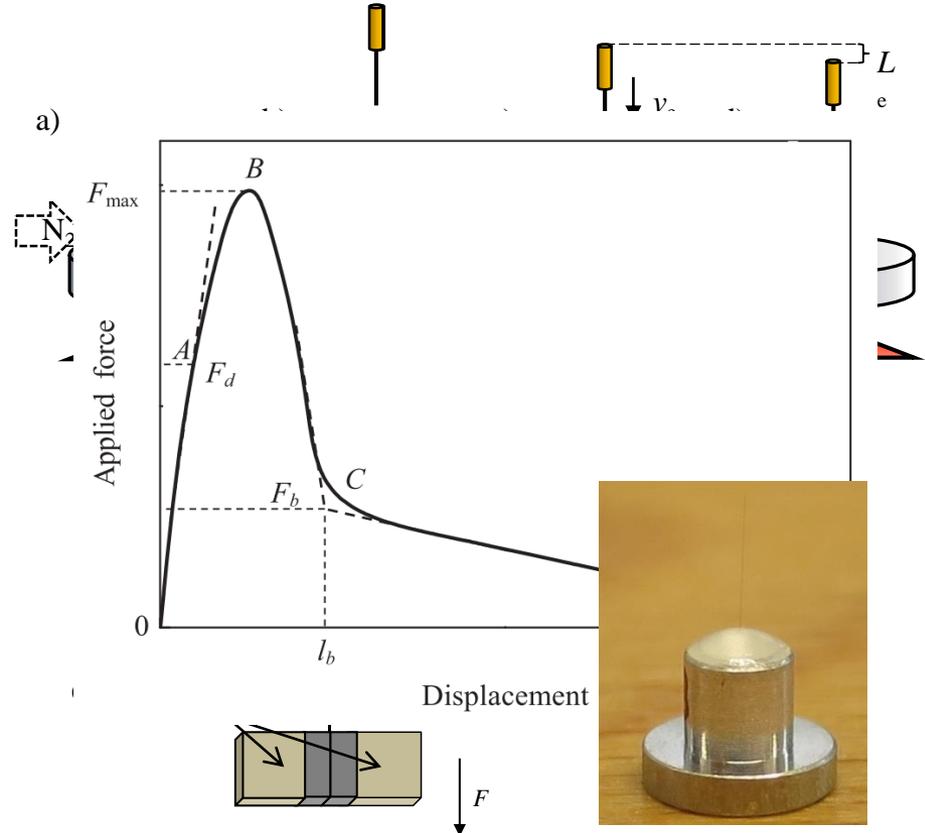
Einzelfaser-Pull-Out

Favimat & Fimatest:

- Einzelfaserzugmaschine
- Aufheizen des Einbettiegels bis 300 °C
- Einbettung unter O₂ oder N₂
- Automatische Einbettung ab 50 µm
- Auszugsversuch mit definierter Rate

Anwendungsbeispiele:

- Ermittlung der Zugeigenschaften von Einzelfasern
- Vibroskopische Faserdurchmesserbestimmung
- Ermittlung der Faser-Matrix Haftung
- Messung der Interfacial Shear Strength (*IFSS*) τ_d um Anhaftung zwischen Faser und Matrix zu charakterisieren

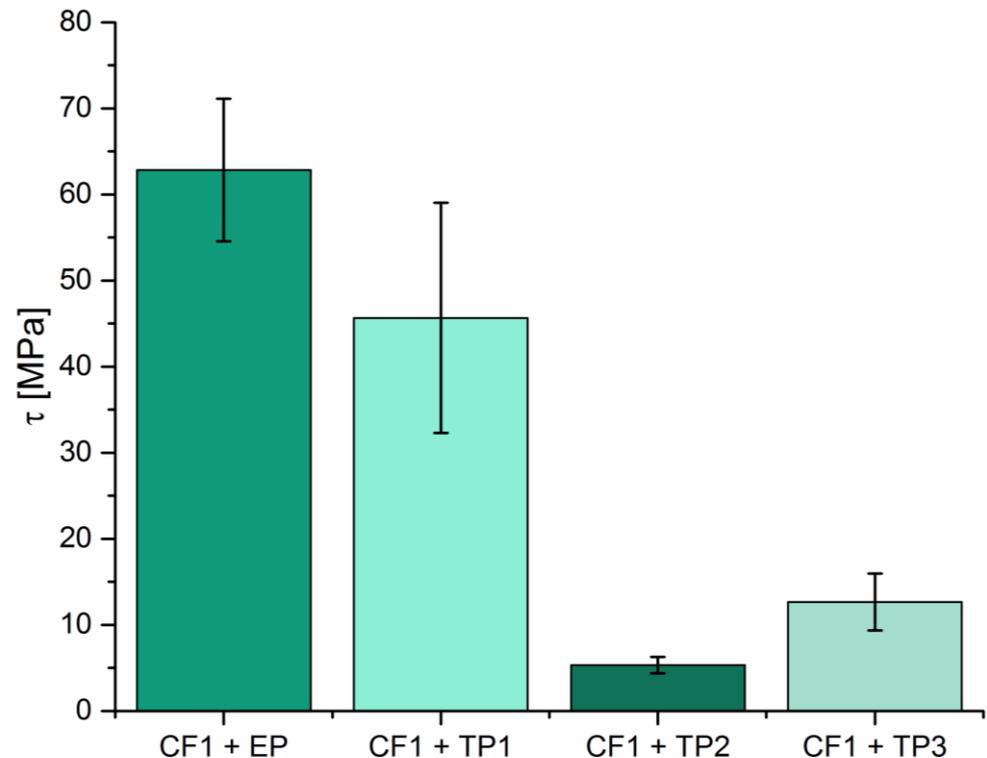


Faser-Matrix Haftung

Nutzung für die Materialvorauswahl

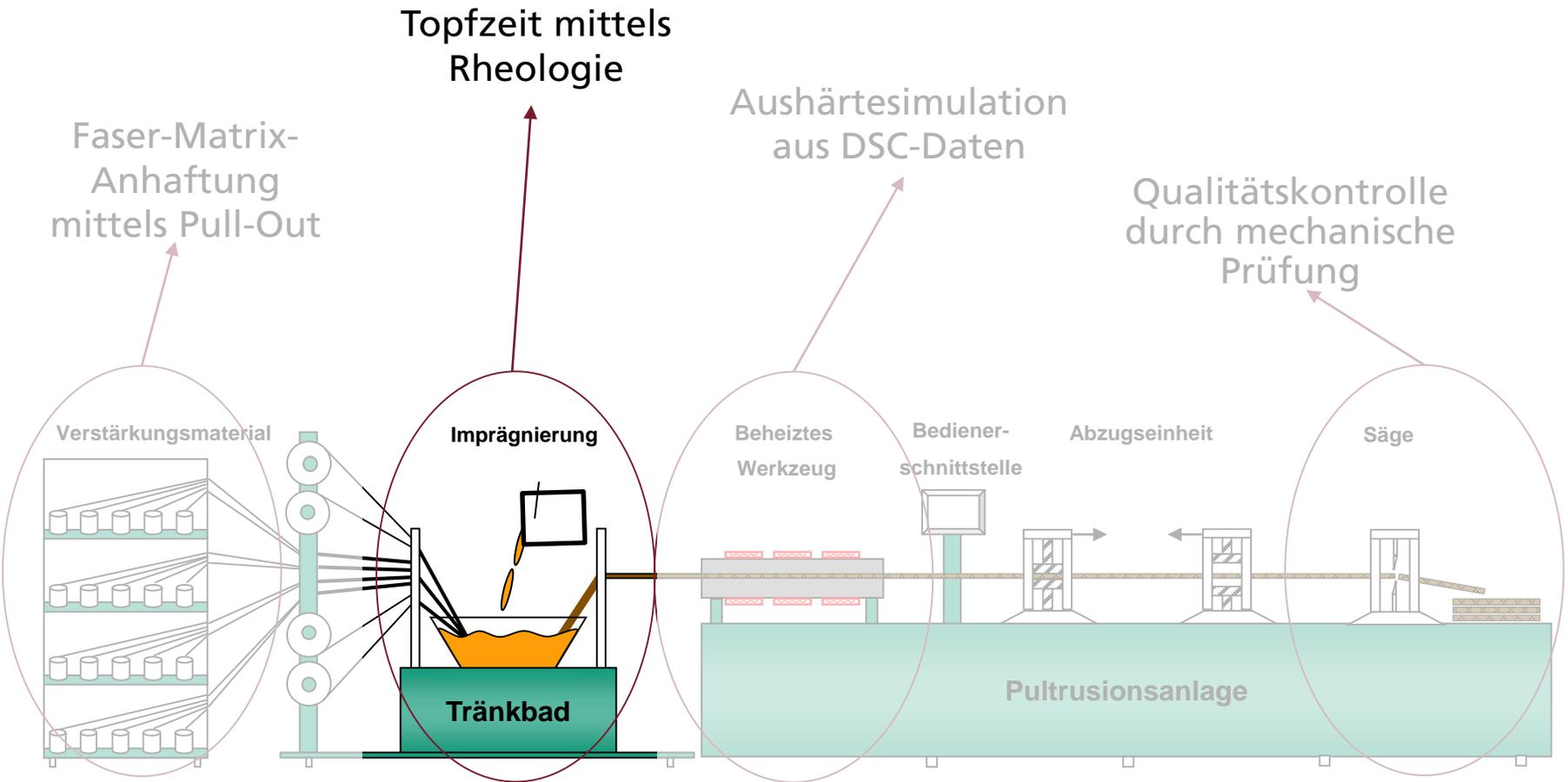
Kurzbeschreibung:

- Einfluss Matrixsystem auf Faser-Matrix Haftung bei Standardschlichte
- verwendet: Carbonfaser, Epoxidharz, drei verschiedene Thermoplaste
- deutliche Unterschiede in Anhaftung Matrix an Faser nachweisbar



MATERIALCHARAKTERISIERUNG

Einsatzmöglichkeiten



RHEOLOGIE

Beschreibung von Harzsystemen

MCR 302, Anton Paar:

- Temperaturbereich -50°C bis 450°C
- Drehmomentbereich 2nNm bis 200mNm
- Frequenzbereich $1\text{E-}7$ bis 100Hz

Anwendungsbeispiele:

- Dynamisch-Mechanische Analyse in Rotation
- Harzschrumpf
- Viskositätsbestimmungen, z.B. Aushärtung von Harzsystemen, Topfzeiten

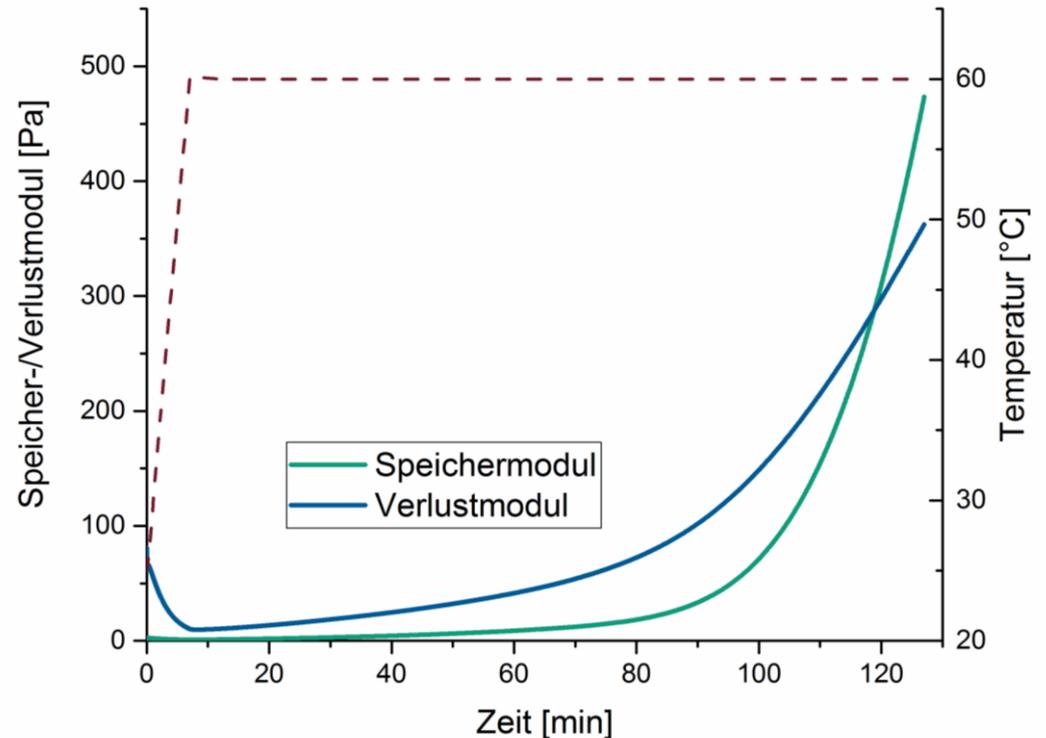


RHEOLOGIE

Topfzeitbestimmung

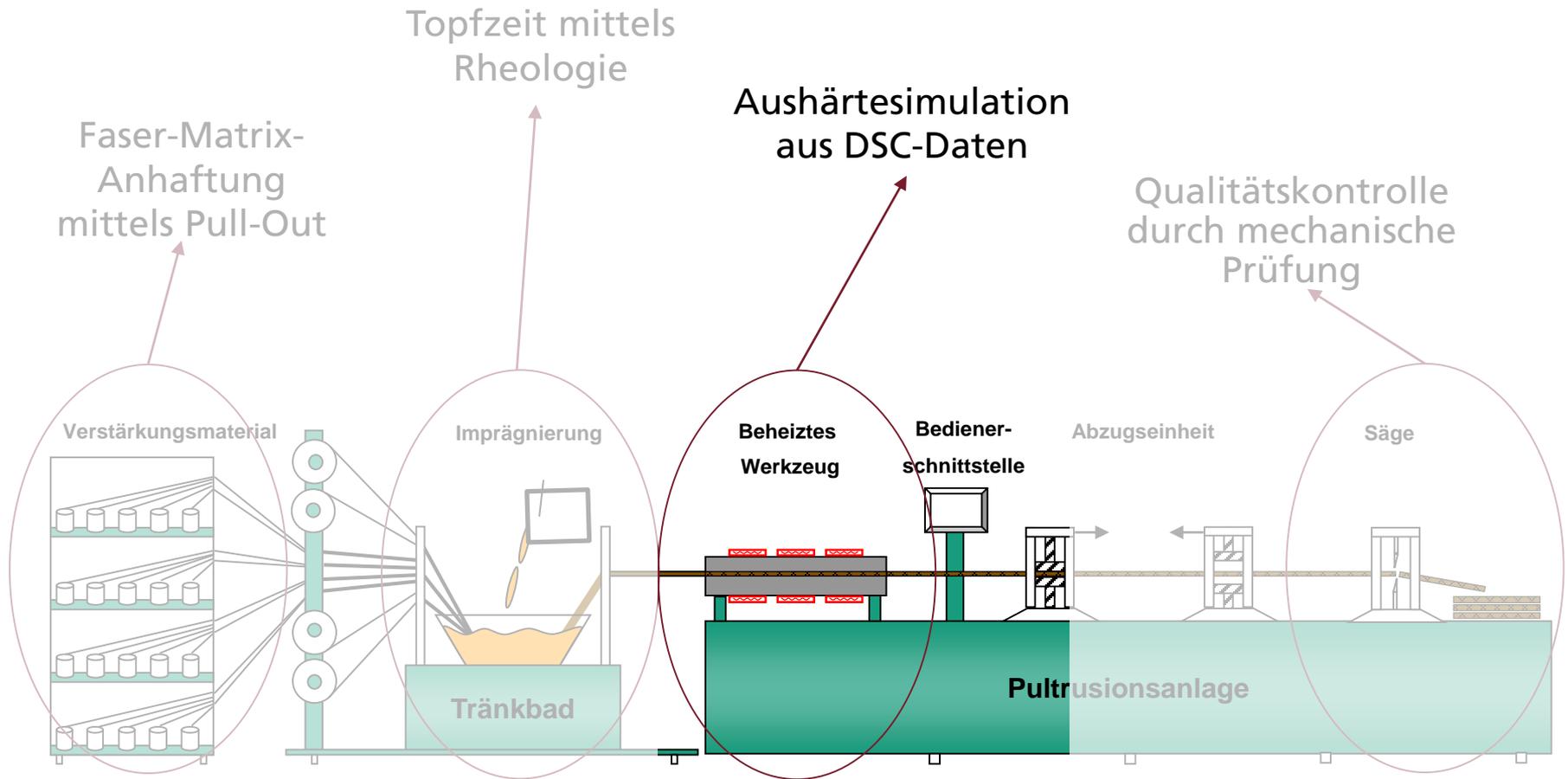
Kurzbeschreibung:

- Verarbeitbarkeit von Harz in Pultrusionsanlage
- verwendet: Epoxidharz, Platte-Platte-Aufbau in Rheometer
- Gelpunktbestimmung zur Definition Topfzeit
- (alternativ: festgelegte Viskosität)



MATERIALCHARAKTERISIERUNG

Einsatzmöglichkeiten



DIFFERENZKALORIMETRIE

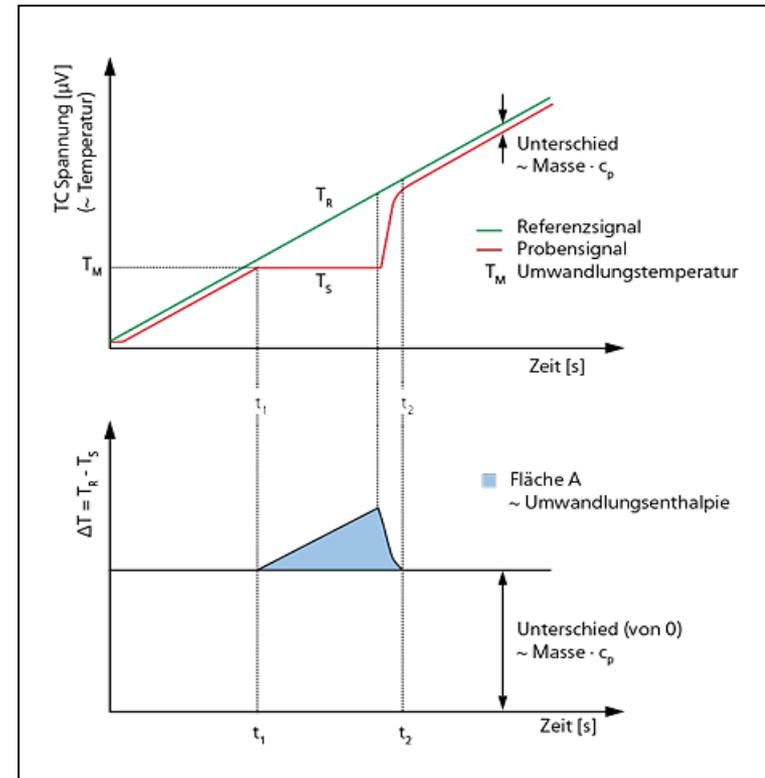
Ermittlung der thermischen Eigenschaften

DSC 204 F1 Phoenix, Netzsch:

- Temperaturbereich -180 bis 700°C
- Heizrate 0,001 bis 200K/min
- Inerte und oxidative Atmosphäre

Anwendungsbeispiele:

- Bestimmung charakteristischer Eigenschaften (Glasübergang, Kristallisations- und Schmelztemperaturen etc.)
- Analyse der Probenvorgeschichte (Kristallisationsgrad, Wassereinlagerung, etc.)



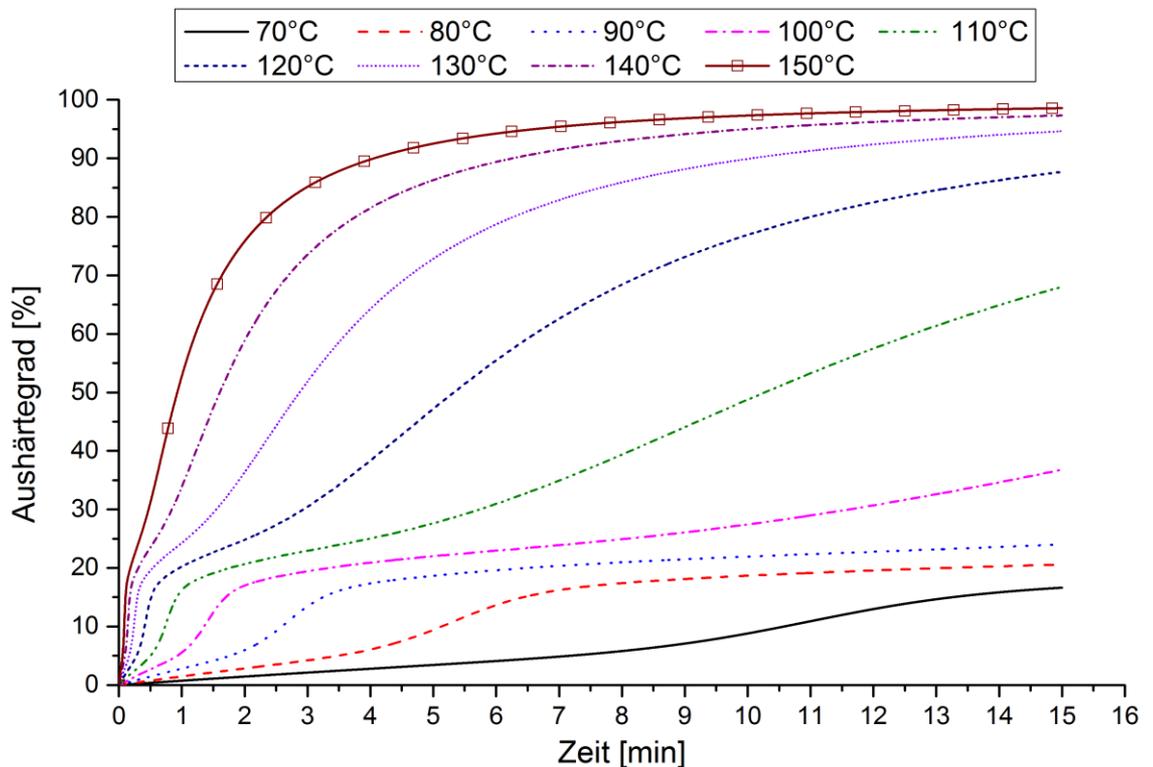
Beispielhafter Temperaturverlauf während einer Schmelze

DIFFERENZKALORIMETRIE

Aushärtesimulation

Kurzbeschreibung:

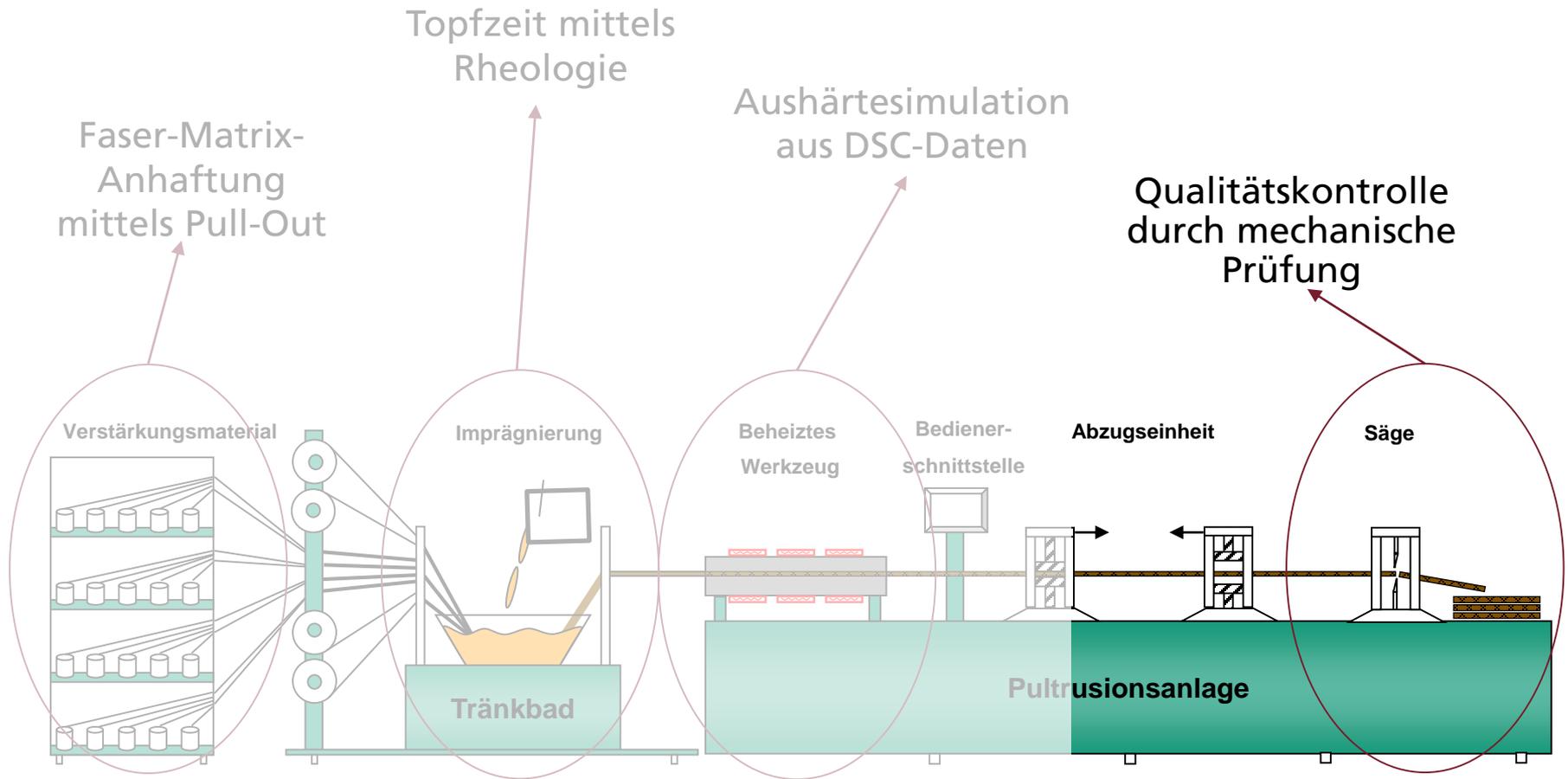
- Definition Prozessparameter über Kinetikmodellierung
- Messung von 3-5 verschiedenen Heizraten in der DSC
- Material: 2-stufig aushärtendes Epoxidharz
- Vorhersage von bspw. Aushärtegrad bei isothermen Temperaturen



Quelle: Karcher, Chaloupka et al., Bestimmung der Aushärtekinetik eines 2-stufig aushärtenden Epoxidharzes zur Herstellung von Hochleistungsfaserverbunden

MATERIALCHARAKTERISIERUNG

Einsatzmöglichkeiten



UNIVERSALPRÜFMASCHINE

Bewertung der mechanischen Performance

Hegewald & Peschke:

- Kraftaufnehmer:
 - 250 kN (Hauptkraftaufnehmer)
 - 10 kN
- Temperaturbereich von -40 bis +200 °C
- Hydraulisches Spannzeug max. 400 bar

Anwendungsbereiche:

- Zugversuch
- Druckversuch (Vorrichtungen: CLC, OHC, CAI, HCCF)
- Biegeversuch 3 + 4-Punkt-Biegung max. Auflagerabstand 1200mm
- Schubversuch nach DIN SPEC 4885
- Dehnungsmessung: DMS + Videoextensiomter

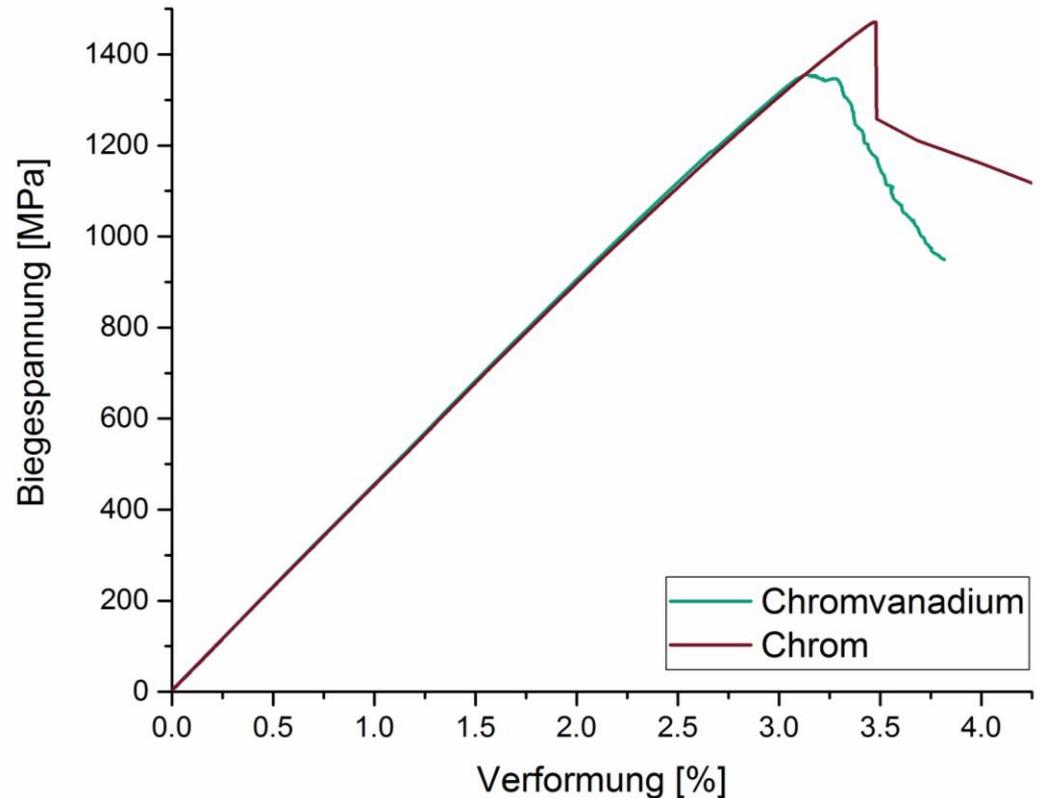


UNIVERSALPRÜFMASCHINE

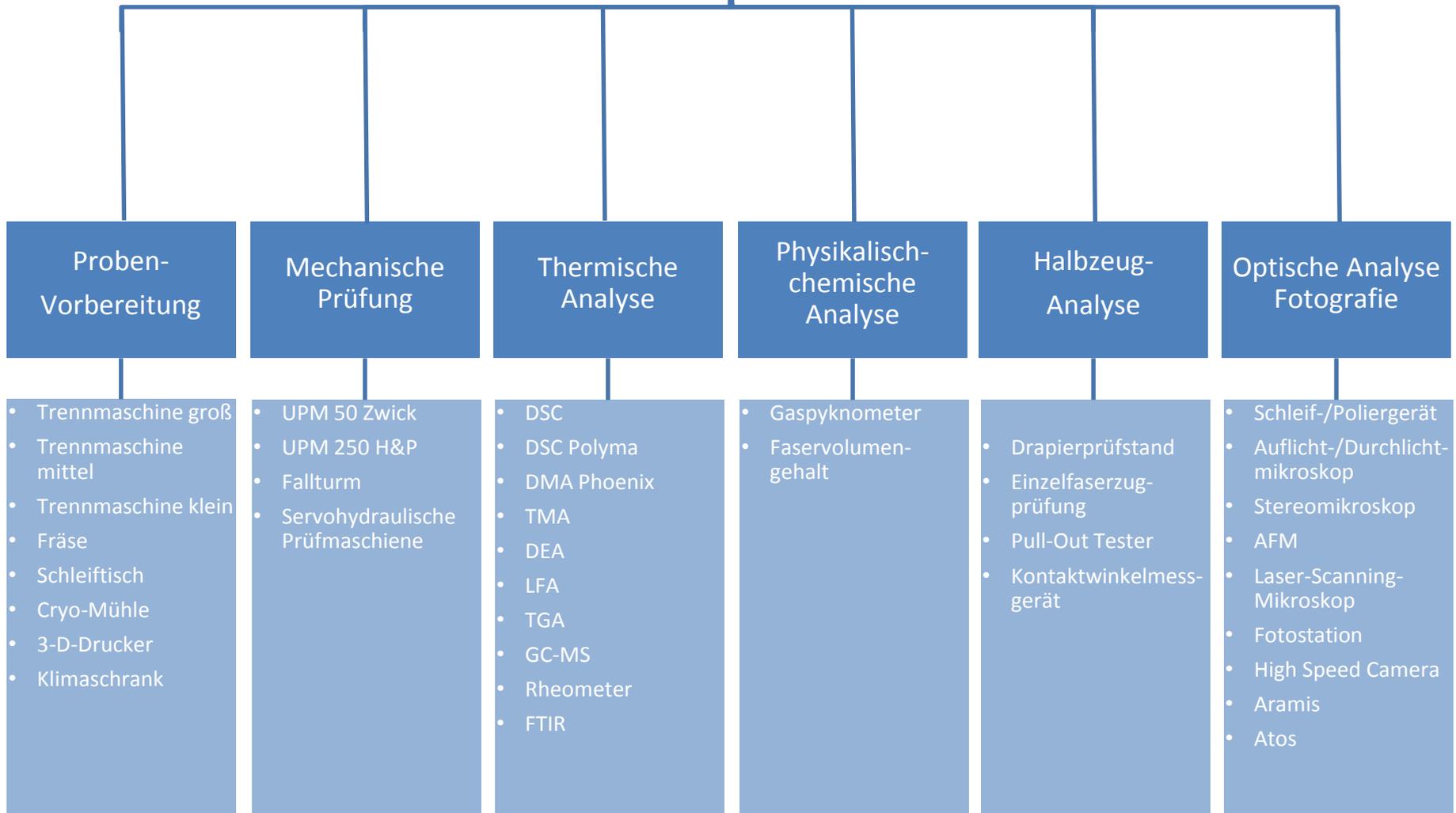
Werkzeugeinfluss auf das Endprodukt

Kurzbeschreibung:

- Einfluss verschiedener Werkzeugbeschichtungen auf finale Performance
- verwendet: Vinylesterharz mit Glasfaserrovings, Abzugsgeschwindigkeit 0,3m/s
- 8% Differenz zwischen Cr- und CrV-Beschichtung



Materialien und Prüftechnik



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. Iman Taha

Head of Department

Materials & Testing Technology

Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing
Technology IGCV

Am Technologiezentrum 2 | 86159 Augsburg | Germany

Phone +49 821 90670-252 | Fax +49 821 90670-40252

iman.taha@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

M. Sc. Phys. Dominik Grund

Materials & Testing Technology

Fraunhofer Research Institution for Casting, Composite and Processing
Technology IGCV

Am Technologiezentrum 2 | 86159 Augsburg | Germany

Phone +49 821 90670-249 | Fax +49 821 90670-40249

dominik.grund@igcv.fraunhofer.de

www.igcv.fraunhofer.de

