
Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

VDI-FGL-Expertenforum „Fortschritte in der Formgedächtnistechnik“

Dresden, 30.09.2014

A. Bucht, B. Senf, C. Rotsch



Fraunhofer

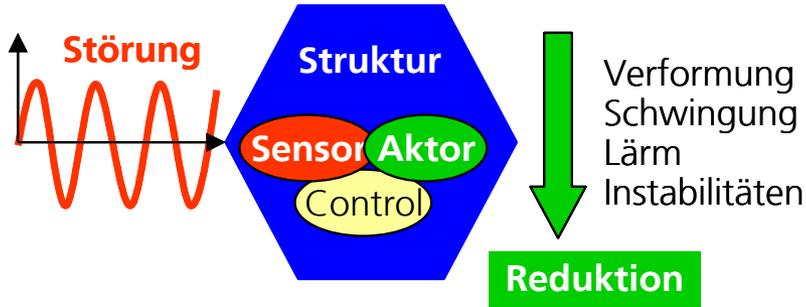
IWU

Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

- Einführung und Motivation
- Funktionale Textilstrukturen
- Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde
- Prozesstechnologien für Großserienprozesse
- Ausblick

Einführung und Motivation

Adaptive Strukturen



- automatisches Anpassen der Struktureigenschaften an veränderliche Umgebungsbedingungen
- Verschmelzen von Mechanik, Sensorik und Aktorik auf Werkstoffebene



Mobilität

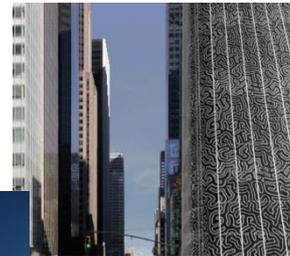
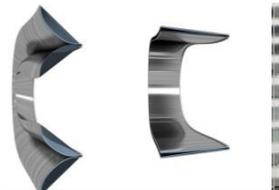
Quelle: autozeitung.de



Quelle: BMW AG

- adaptive Aerodynamik
- bedarfsgerechte Klimatisierung

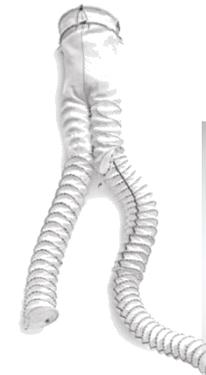
Maschinenbau



Quelle: Decker Yeadon



- Gebäudeverschattung
- Strömungsbeeinflussung



Medizin-technik



www.iai.fzk.de

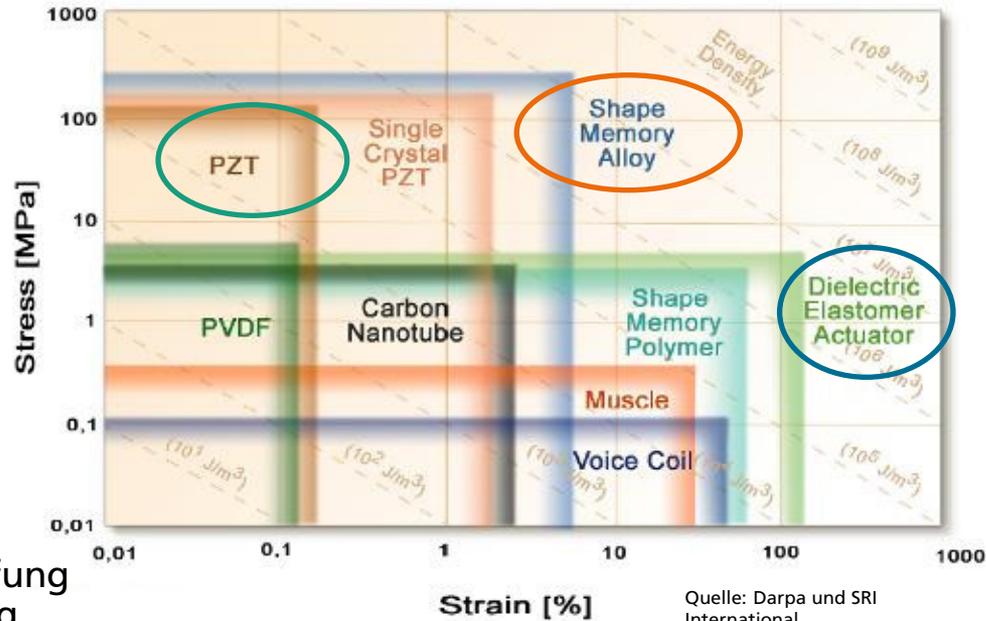
- adaptive Bandagen
- intelligente Implantate

Einführung und Motivation Funktionswerkstoffe

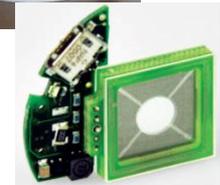
Piezokeramik



- Schwingungsdämpfung
- Mikropositionierung



Dielektrische Elastomere



- Schwingungsdämpfung
- Aktorik

Formgedächtnislegierung



Memory-Metalle

- Aktorik (autark, strukturintegriert)
- Festkörpergelenke

Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

- Einführung und Motivation
- Funktionale Textilstrukturen
- Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde
- Prozesstechnologien für Großserienprozesse
- Ausblick

Funktionale Textilstrukturen

3D-Abstandsgewirke

Hintergrund

- Pflegebedürftigkeit nimmt zu
- Gefahr der Dekubitusentstehung (Druckgeschwür) v. a. bei bettlagerischen Patienten
- Ursachen: verminderte Durchblutung der Haut durch **erhöhten Kapillardruck** an Stellen mit geringer Weichteildeckung sowie **Feuchtestau**



Dekubitus

Quelle: Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt



Abstandsgewirke mit netzförmiger Oberflächenstruktur

Quelle: Dissertation Helbig, TU Chemnitz

Verbundprojekt

elwi, Cetex, Spiga, Freya, Fraunhofer IWU

Funktionale Textilstrukturen

3D-Abstandsgewirke

Zielstellung

- Abstandsgewirke mit einstellbarer Druckelastizität als Basis der Entwicklung einer neuartigen **Antidekubitusmatraze**
- Verwirkung eines textilen 3D-Gewirkes mit FGL-Fasern
- Kombination **hoher Luftzirkulation mit einstellbarer Druckverteilung**
- Abhängigkeit des el. Widerstandes der FGL-Drähte kann als Drucksensor dienen

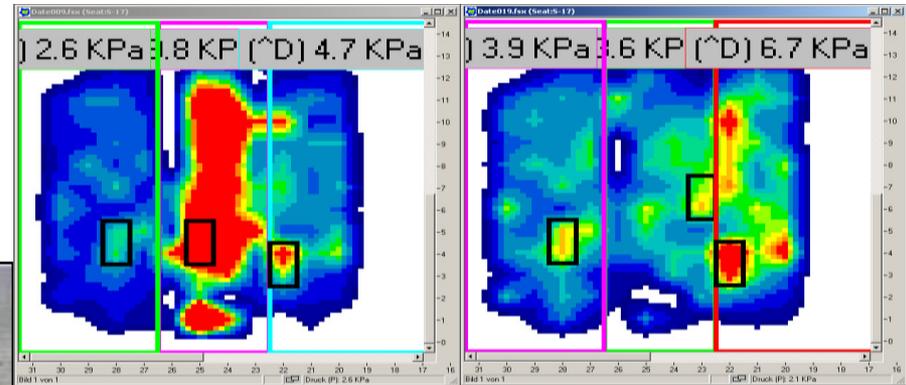


FGL-Draht als Polfaden in Abstandsgewirke

FGL-Draht als Franse in Deckschicht eines Abstandsgewirkes



Abstandsgewirke mit FGL-Drähten für eine einstellbare Steifigkeit



aktiv

inaktiv

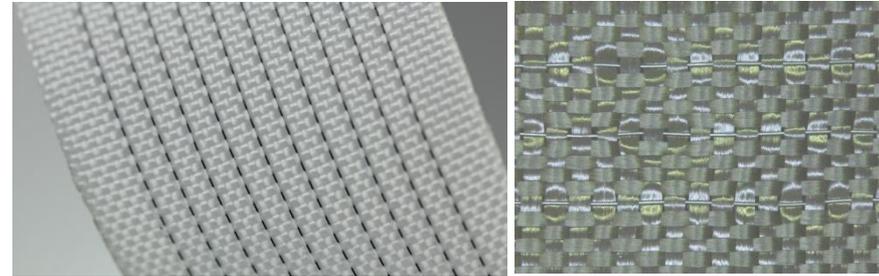
Messung mit dem Tekscan-Druckmesssystem

Funktionale Textilstrukturen

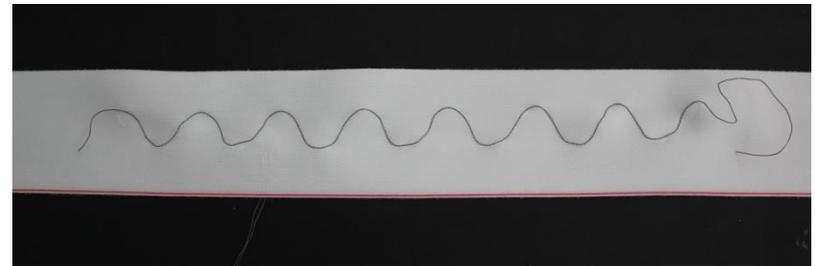
2D-Bandgewebe

Vergleich Gewebe – gestickte Strukturen

- Bandstrukturen mit FGL-Drähten in Kettrichtung → Anwendung bei geringen Dehnungen
 - FGL-PES-Verbund für vorgeprägte Strukturen
 - FGL-Basalt-Verbund für nachträgliche Formprägung (hochtemperaturfest)
- Elastische Abstandsgewirke mit FGL-Drähten in Mäanderform
 - Hohe Gesamtdehnungen der Hybridstrukturen möglich



li: PES-Gewebe re: Basaltgewebe
mit Ketteintrag FGL



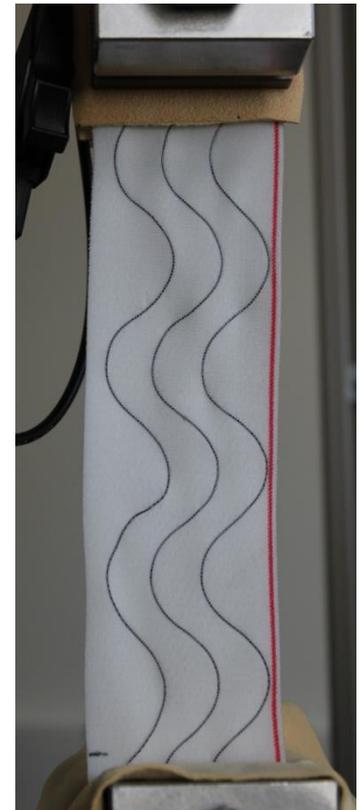
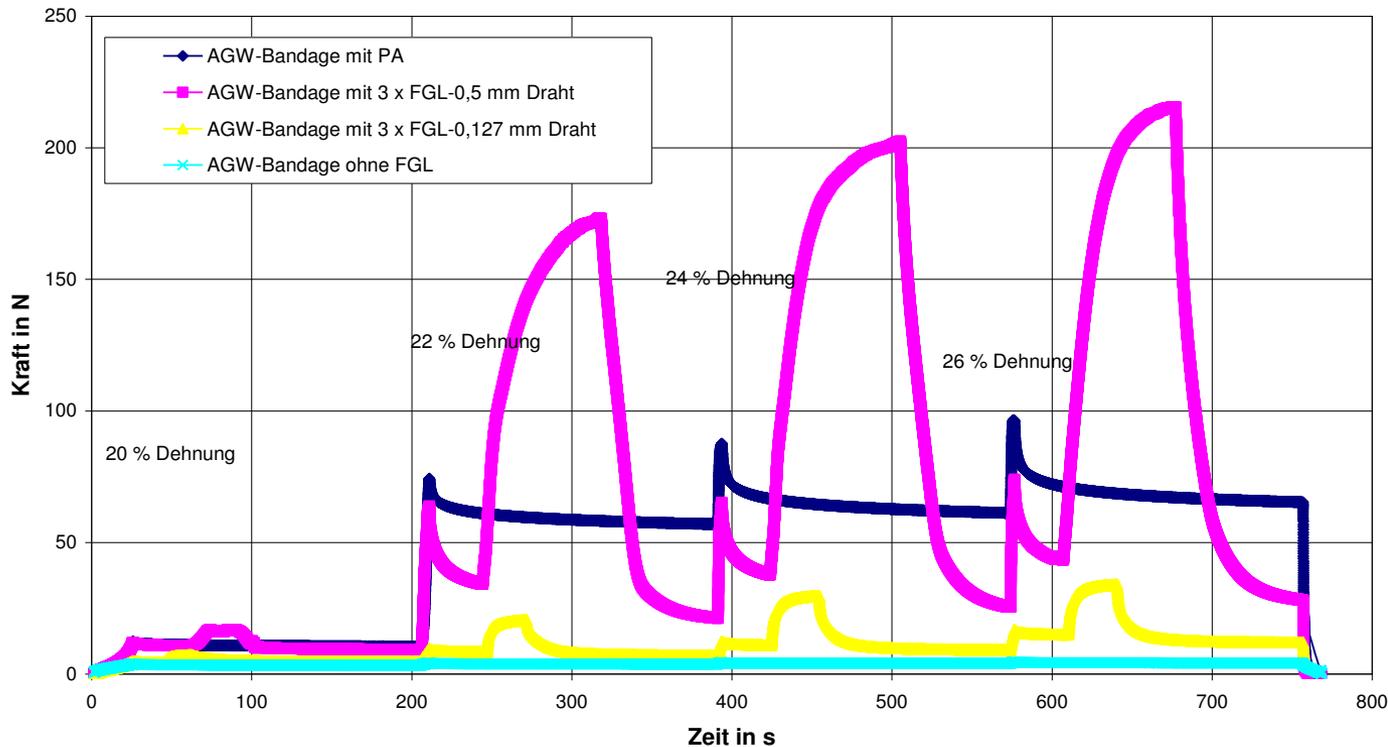
Abstandsgewirke mit FGL

Funktionale Textilstrukturen

2D-Bandgewebe

Charakterisierung– gestickte Strukturen

Kraft-Zeit-Kurven, elastische Bandage (Abstandsgewirke)

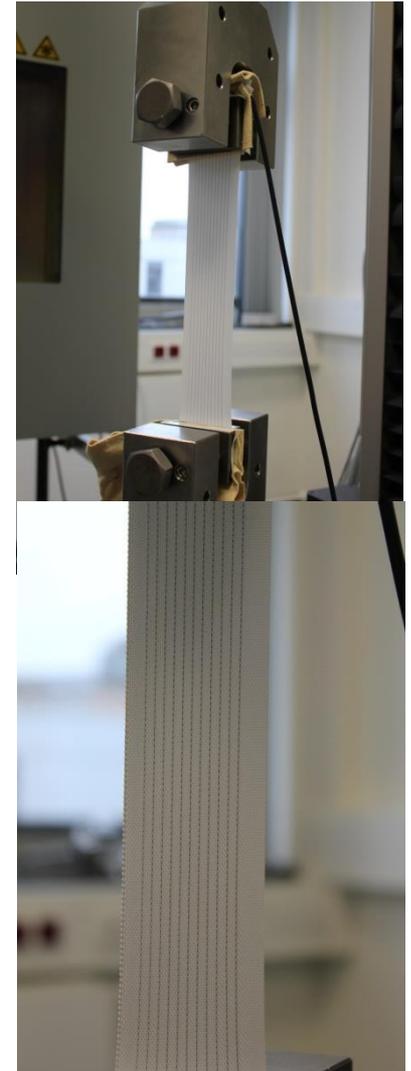
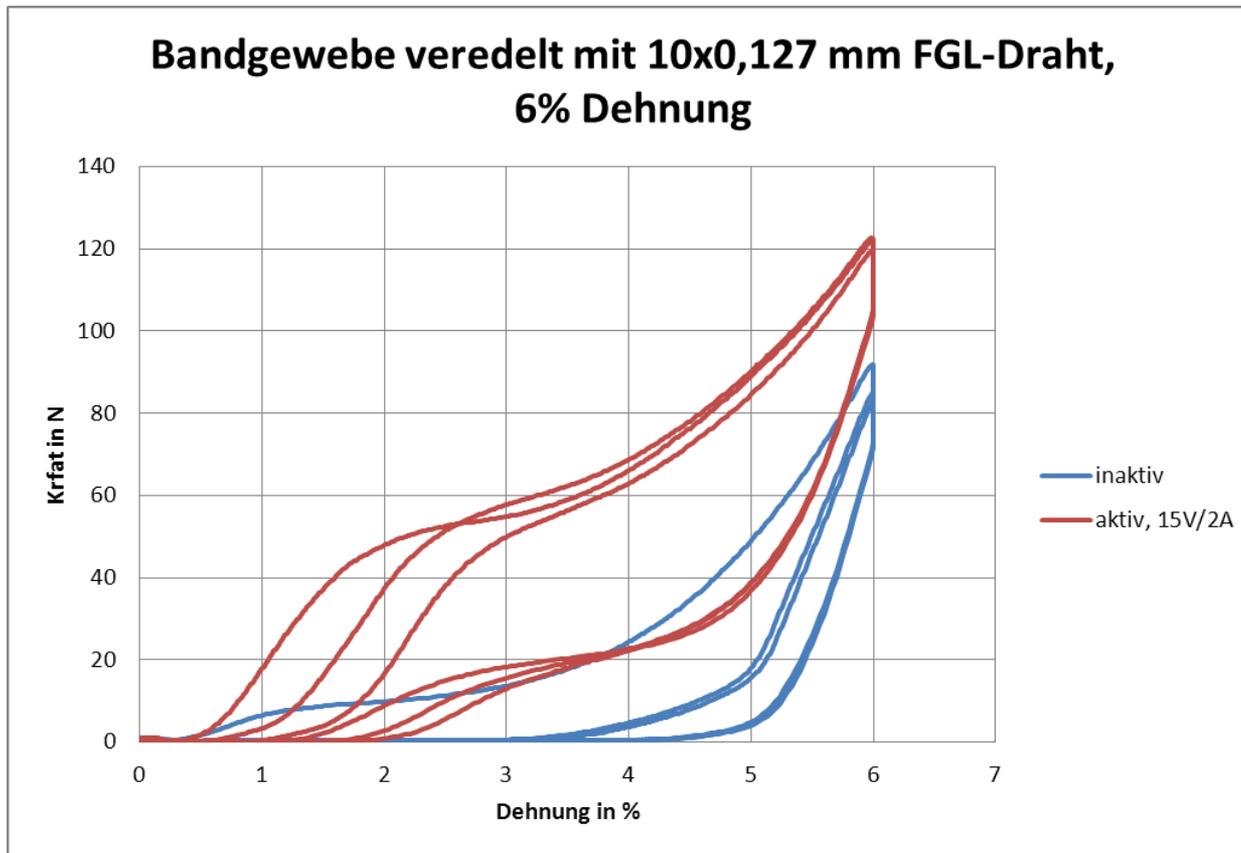


Dresden, 30.09.2014

Funktionale Textilstrukturen

2D-Bandgewebe

Charakterisierung – Gewebe



Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

- Einführung und Motivation
- Funktionale Textilstrukturen
- Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde
- Prozesstechnologien für Großserienprozesse
- Ausblick

Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Projektkonzept

Verbundprojekt



Zielstellung

- Theoretische und experimentelle **Grundlagen zur Herstellung aktiver Verbundwerkstoffe** aus **Faserkunststoffverbund** mit integrierter **Formgedächtnislegierung (FGL)**



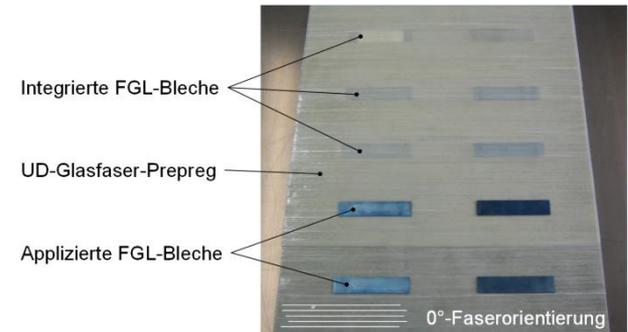
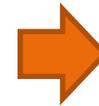
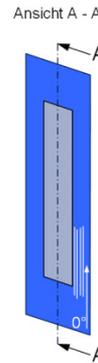
Demonstrator

Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Funktionsgerechte Integration I

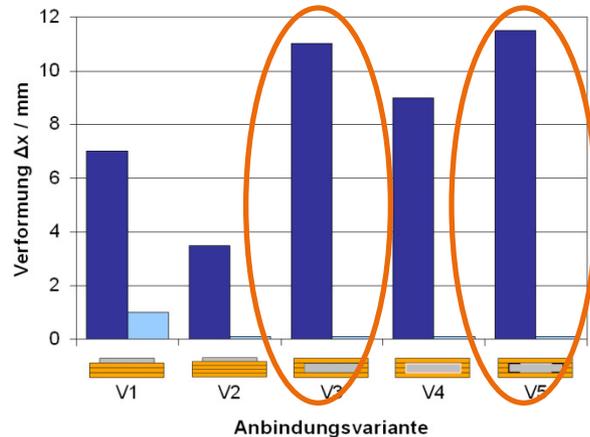
Aspekt 1: Anordnung im Verbund

Bezeichnung	FGL-Blechedicke 0,54 mm	Ansicht A - A	FGL-Blechedicke 1,0 mm
Variante 1			
Variante 2			
Variante 3			
Variante 4			
Variante 5			

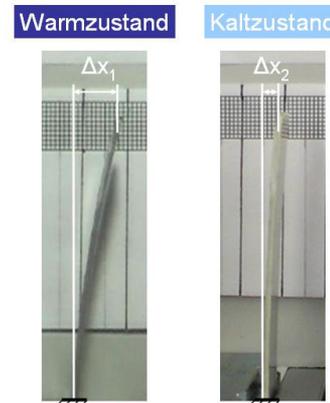


Probenfertigung

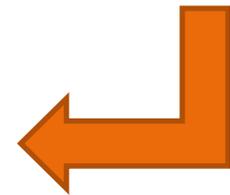
Variantenkatalog



Auswertung



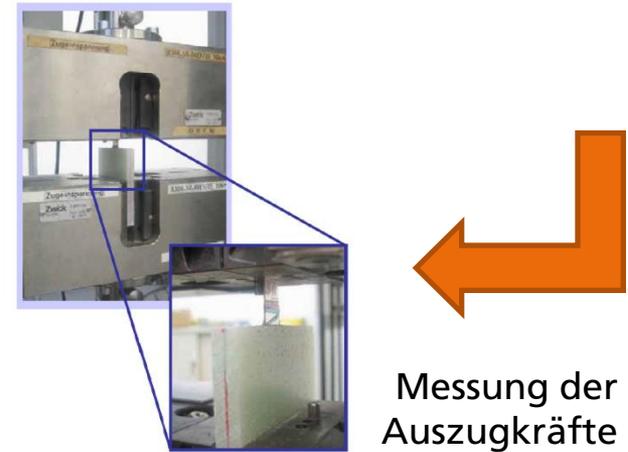
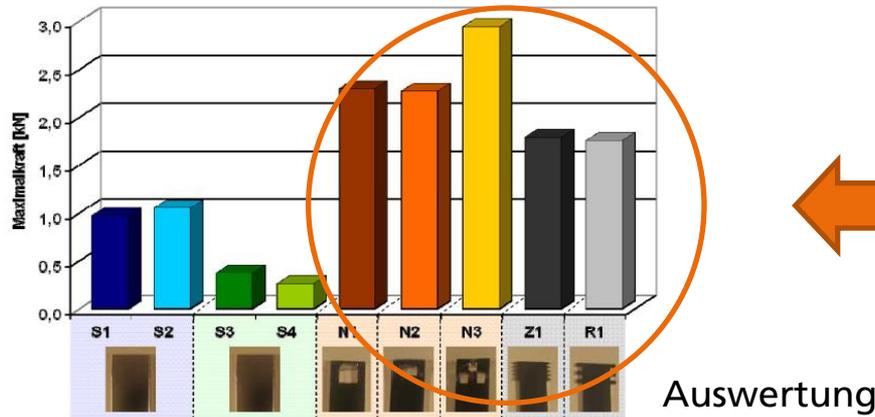
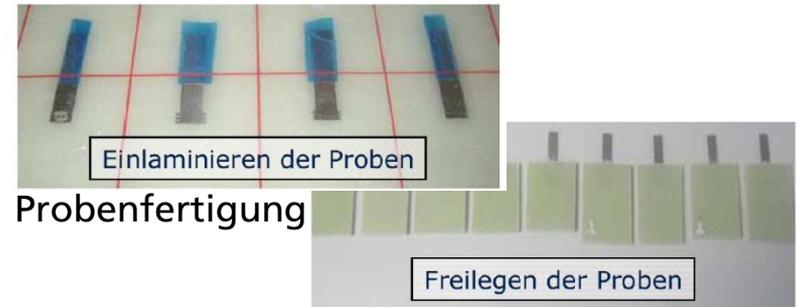
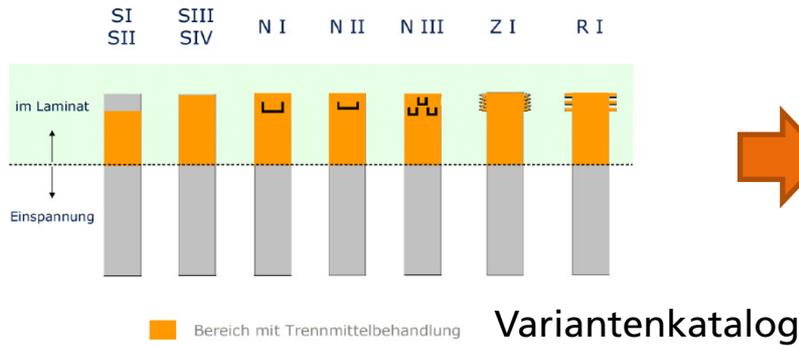
Aktivierungsversuch



Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Funktionsgerechte Integration II

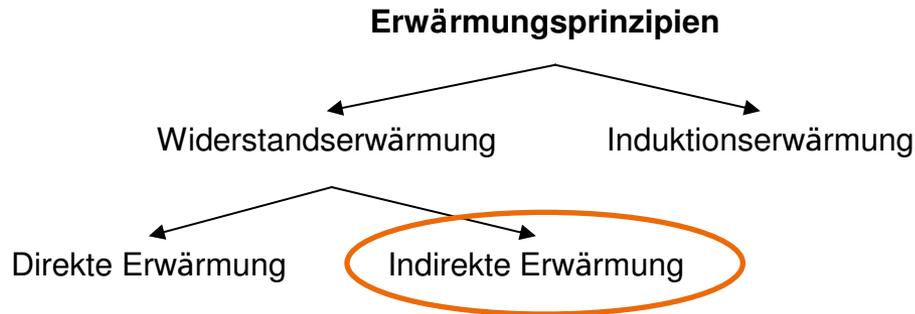
Aspekt 2: Verankerung im Verbund



Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

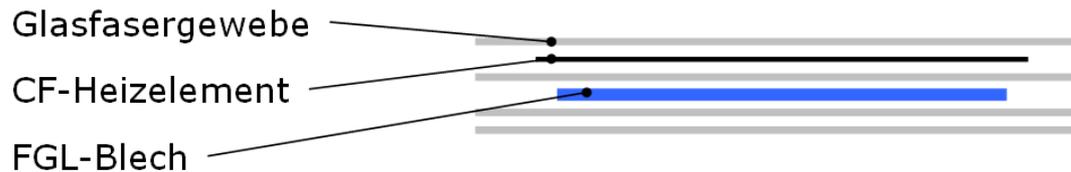
Effiziente Aktivierung I

Aktivierungsmethoden



Vergleich verschiedener Heizmethoden

- Kaptonheizfolie (Widerstandsheizter in Folie)
- Silikonheizelement (Widerstandsheizter in Silikon)
- CF-Heizfasern (Kohlefasern als Widerstandsheizter)



Kaptonheizer



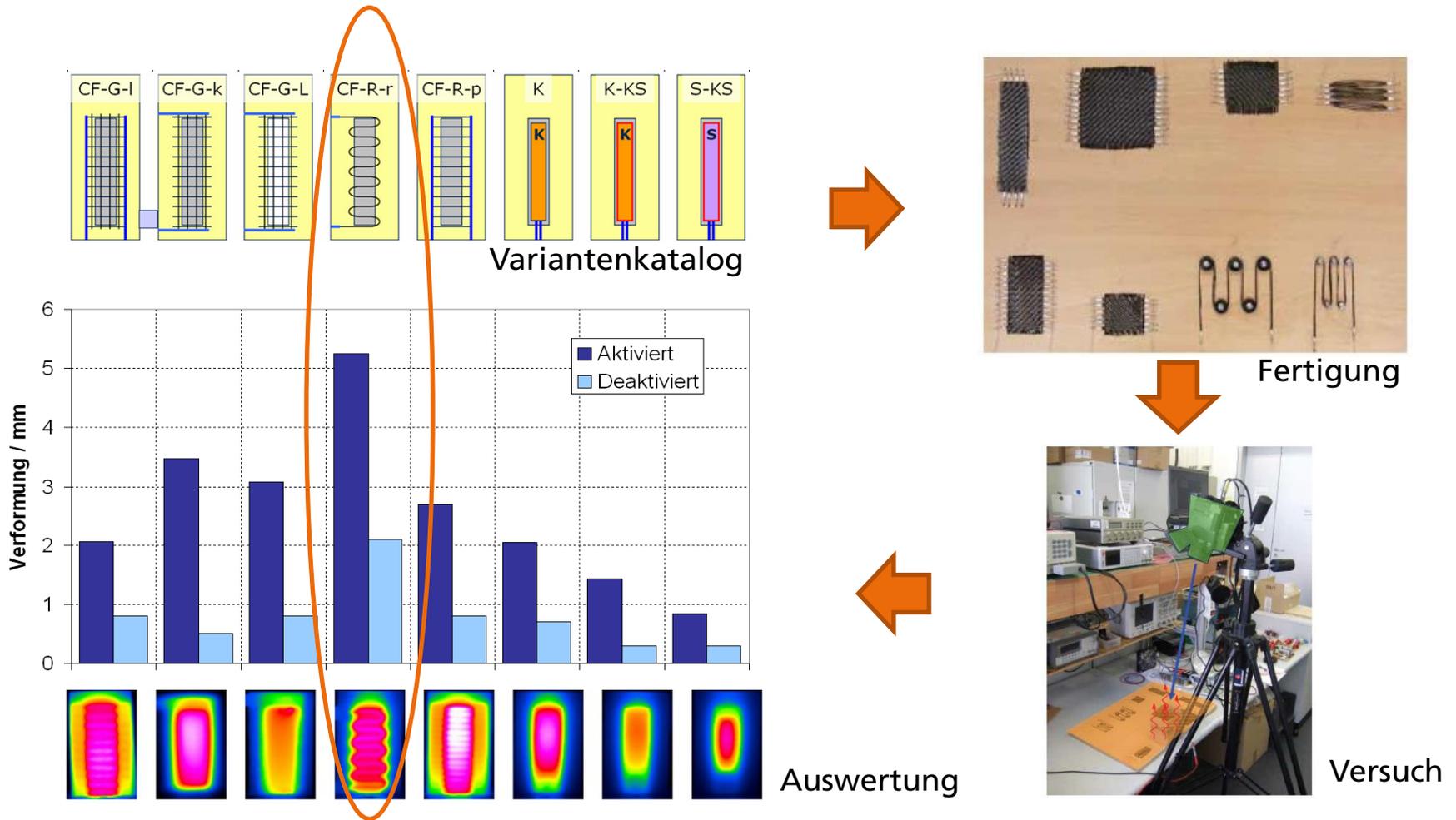
Silikonheizer



CF-Heizer

Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

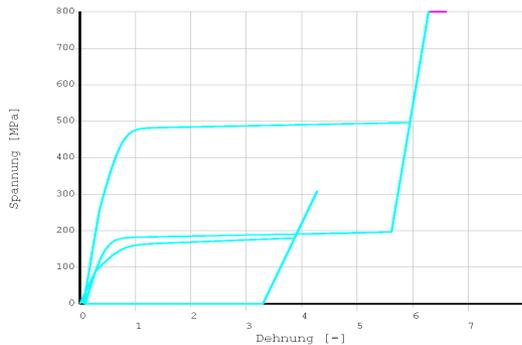
Effiziente Aktivierung II



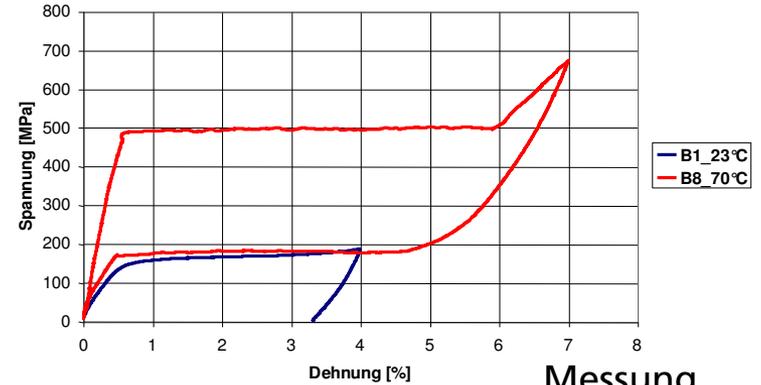
Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Modellierung I

- Implementierung eines Materialgesetz für FGL in ANSYS (superelastisch und aktorisch)

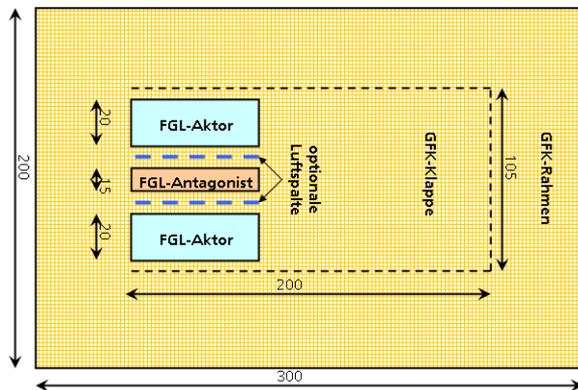


Simulation

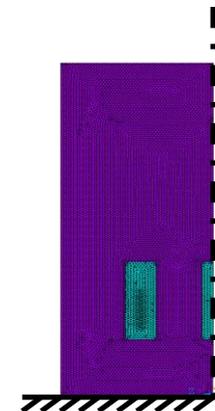


Messung

- Abbildung des thermo- mechanischen Verhaltens des Funktionsmusters



Erstes Funktionsmuster

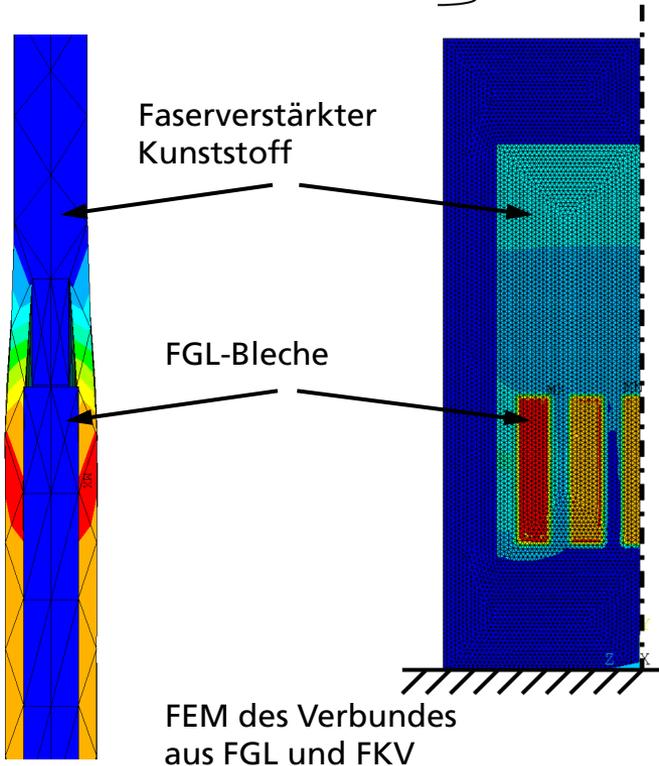


Modell

Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Modellierung II

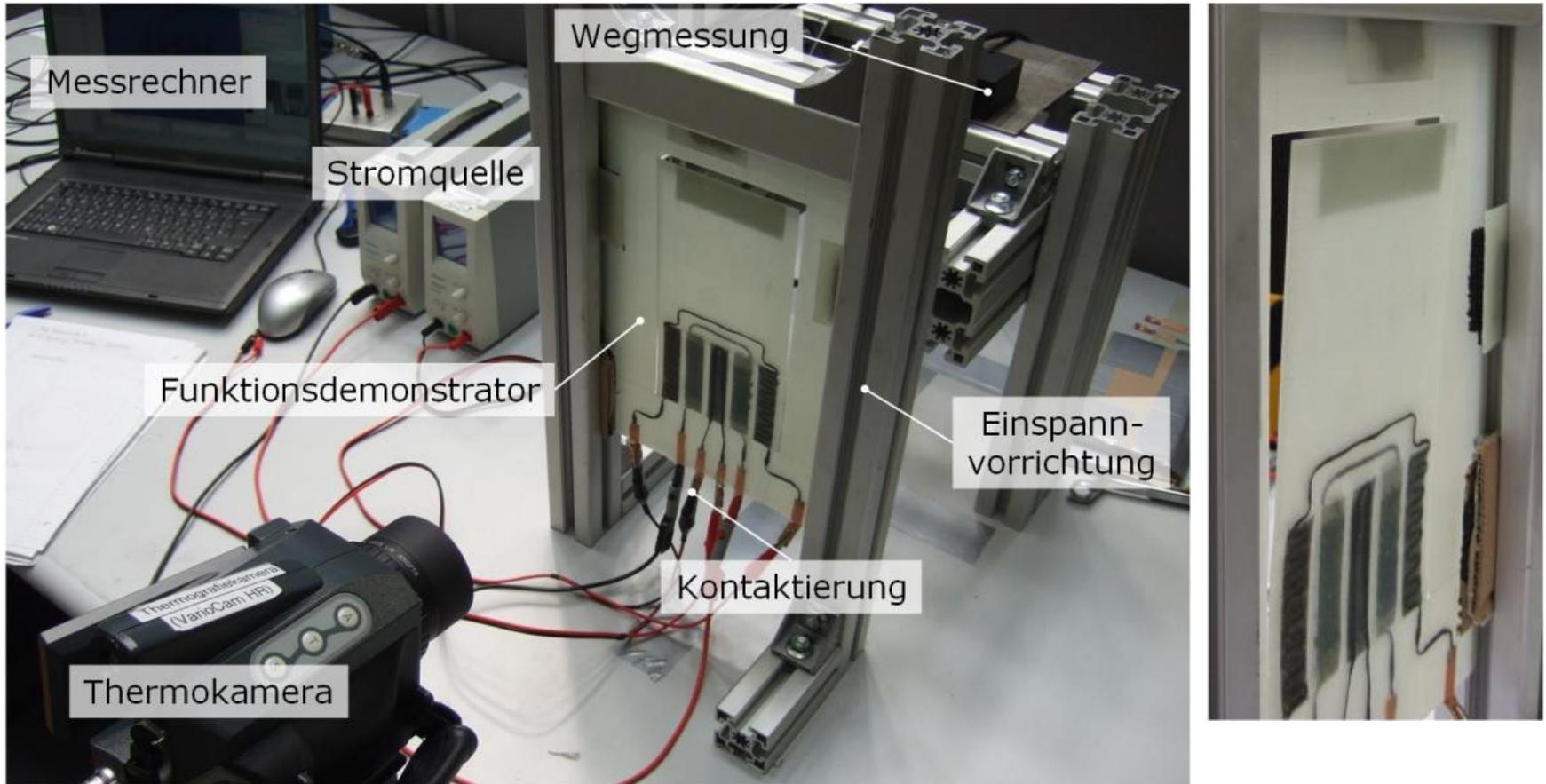
- Wechselwirkung zwischen Formgedächtnislegierung und Faserkunststoffverbund
 - FGL = Aktor
FKV = Rückstellfeder
- Ein-Weg-Effekt



Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Funktionsdemonstrator I

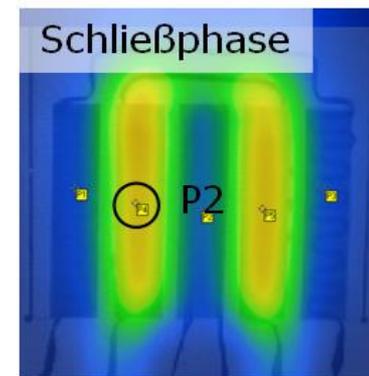
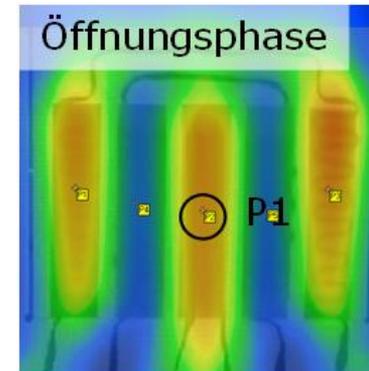
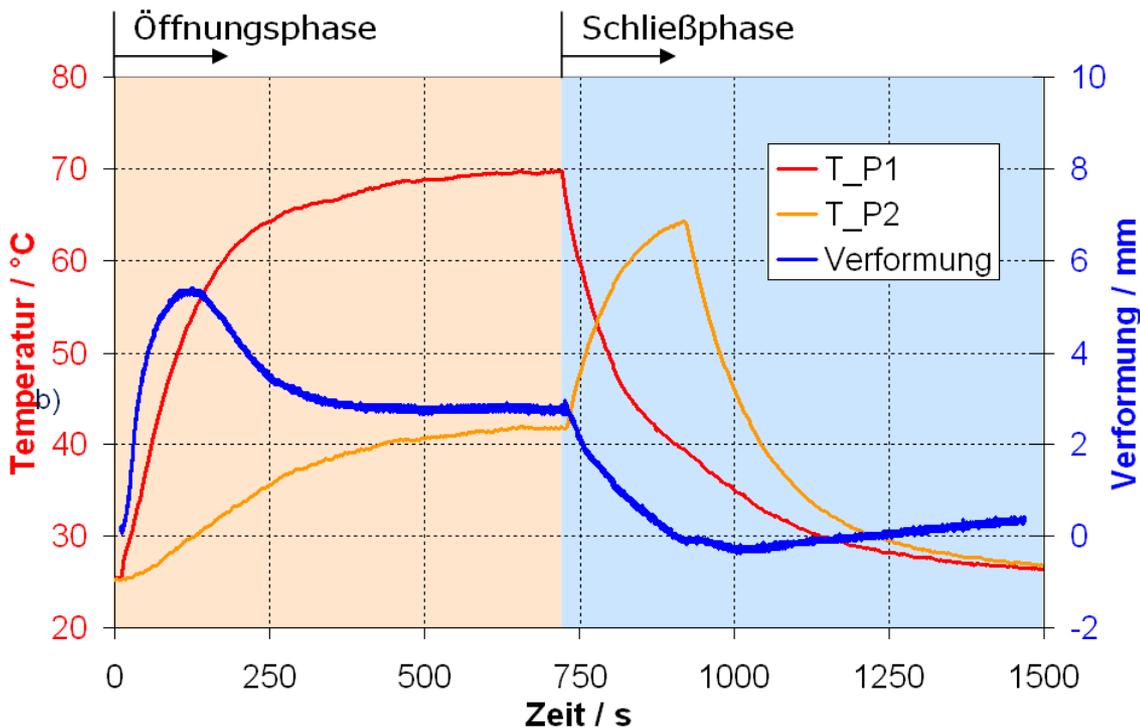
Aufbau und Messumgebung



Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde

Funktionsdemonstrator II

Thermische und mechanische Charakterisierung



Temperatur- und Verformungsverhalten des Funktionsdemonstrators

Temperaturverteilung

Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

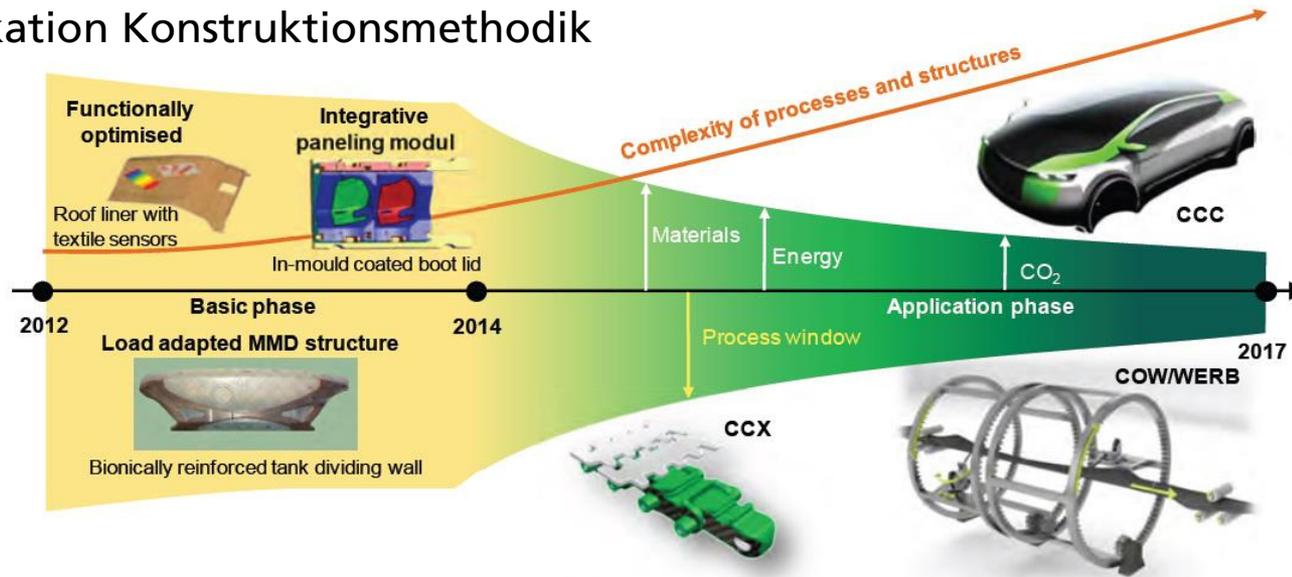
- Einführung und Motivation
- Funktionale Textilstrukturen
- Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde
- Prozesstechnologien für Großserienprozesse
- Ausblick

Prozesstechnologie für Großserienprozesse

Merge - Technologies for Multifunctional Lightweight Structures

Basic Phase (bis Ende 2014)

- Grundlegende Technologieweiterentwicklungen
- Theoretische und experimentelle Grundlagen
- Verifikation Konstruktionsmethodik



Application Phase (ab 2015)

- Entwicklung und Aufbau von Demonstratoren (Gesamtfahrzeug)

Prozesstechnologie für Großserienprozesse

Wirkprinzipien

Wirkprinzip I

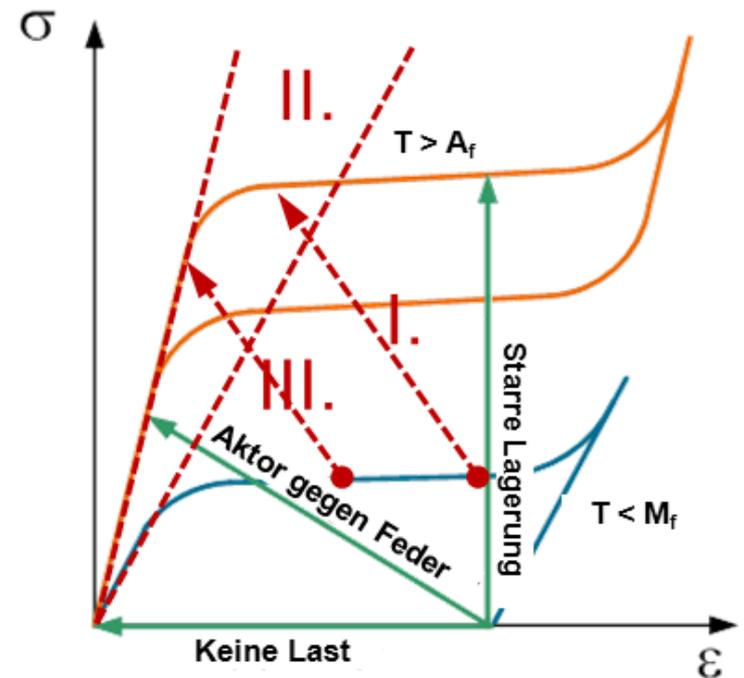
→ **Formänderung** nach großer Vordehnung

Wirkprinzip II

→ **Steifigkeitsanpassung ohne Vordehnung**

Wirkprinzip III

→ **Steifigkeitsanpassung nach def. Vordehnung**

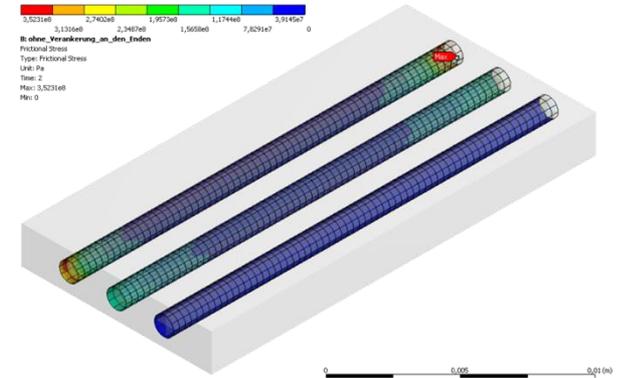


Mögliche Wirkprinzipien bei der Strukturintegration von thermischen FGL

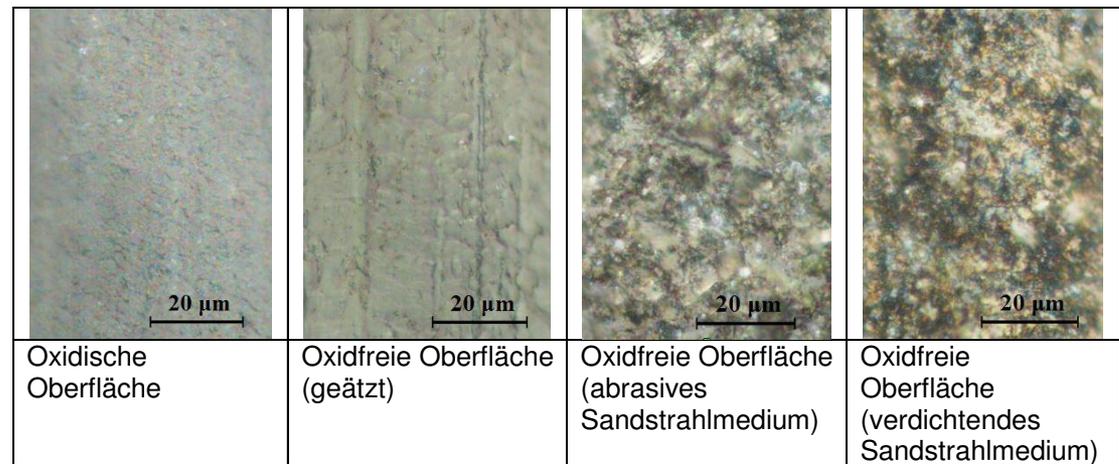
Prozesstechnologie für Großserienprozesse

Wechselwirkung FGL - Matrix

- Anbindung vom Aktordraht zur Kunststoffmatrix entscheidend für adaptives Verhalten
 - Funktion, Ermüdung
 - Thermisch
- Prozessparameter:
 - Drahtoberfläche
 - Kunststoffart
 - Einspritzdruck
 - Einspritztemperatur
 - Einspritzgeschwindigkeit
 - Nachdruckhöhe
 - Nachdruckzeit
 - Abkühlgeschwindigkeit



Schnittstellensimulation FGL-Matrix (Reibungsverteilung)

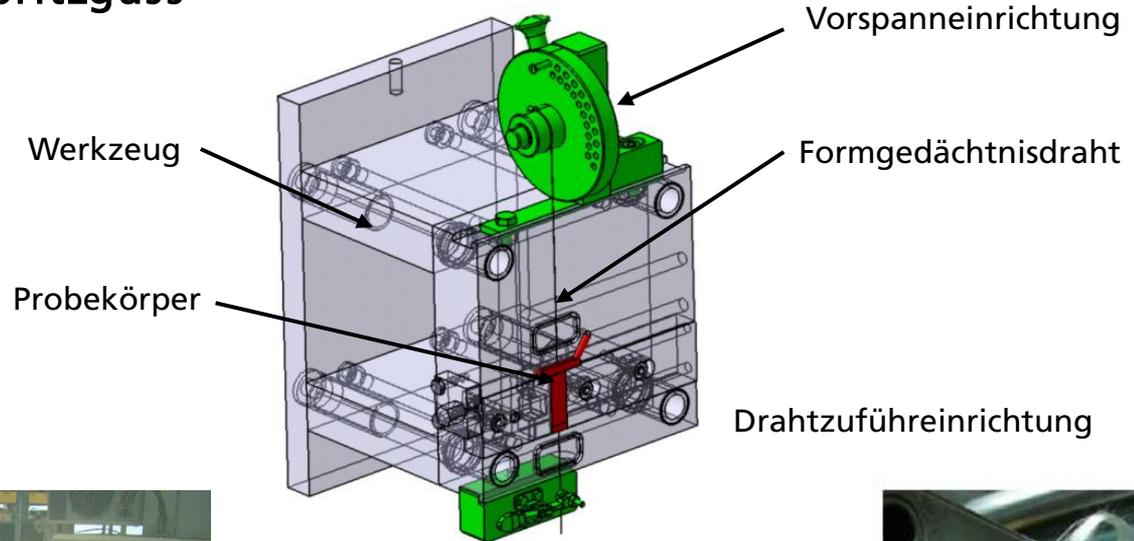


Variation der Oberflächenbeschaffenheit der NiTi-Drähte

Prozesstechnologie für Großserienprozesse

Fertigungsverfahren

Integration mittels Spritzguss



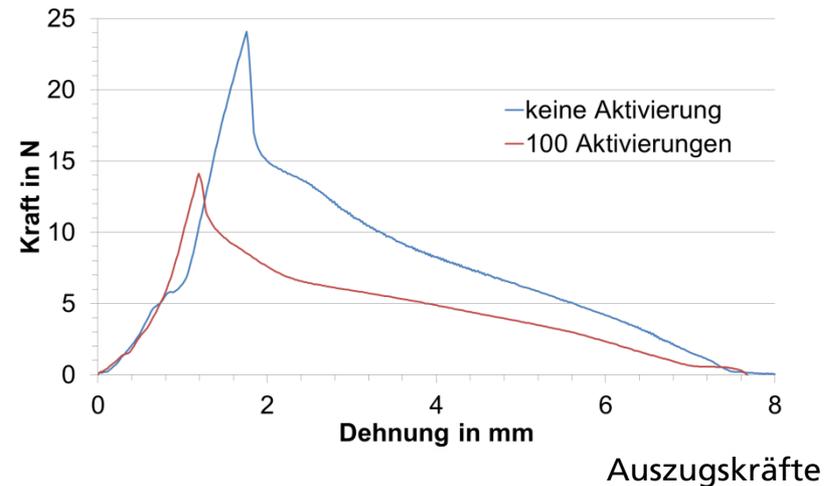
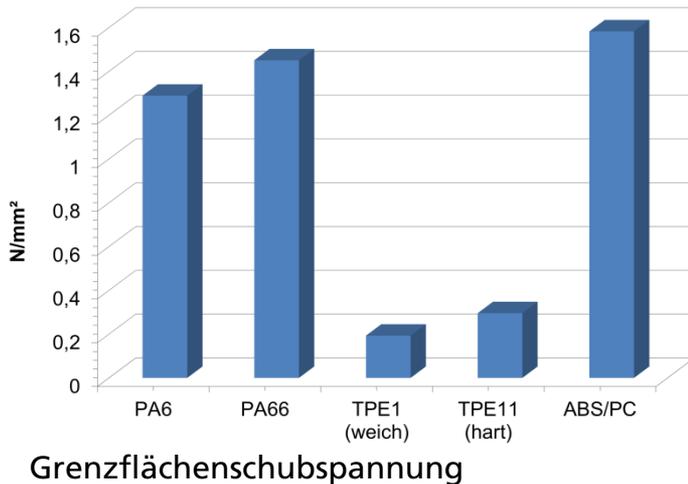
Prozesstechnologie für Großserienprozesse

Fertigungsverfahren

Probekörper



- höchste Haftfestigkeit mit oxidfreien, abrasiv gestrahlten FG-Drähten
- Hohe Streuung bei oxidierten Oberflächen
- Haftfestigkeit sinkt mit zunehmender Anzahl an Aktivierungszyklen



Formgedächtnislegierungen in Verbundwerkstoffen

- Einführung und Motivation
- Funktionale Textilstrukturen
- Grundlagen zur Integration in Kunststoffverbunde
- Prozesstechnologien für Großserienprozesse
- Ausblick

Ausblick

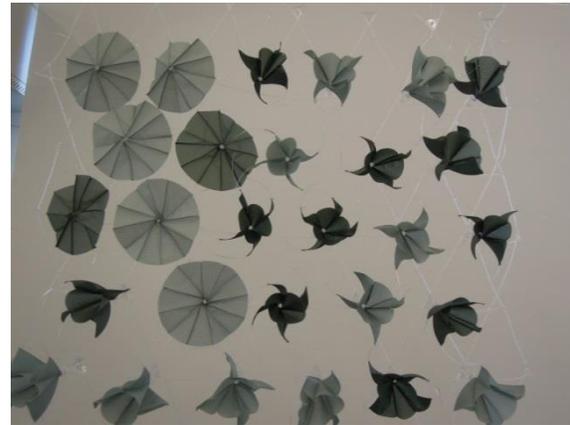
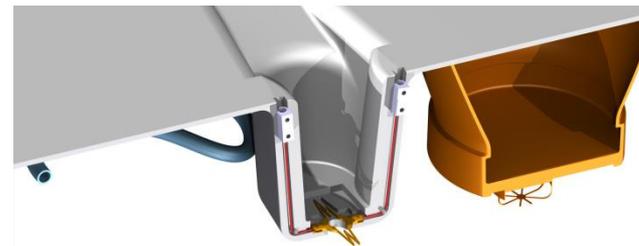
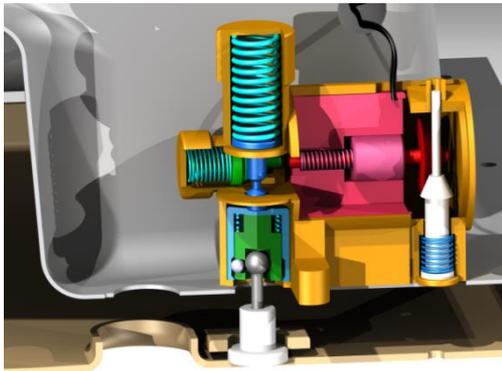
Smart³ | Materials – Solutions - Growth

Inter- und transdisziplinäres Konsortium

- Ingenieure
- Designer
- Wirtschaftswissenschaftler
- Geisteswissenschaftler

Ziel:

- Marktdurchbruch für Produkte auf Basis Smart Materials



Autarke Verschattung



Quelle: KH Berlin Weißensee, Bara Finnsdottir

Internet: www.smarthoch3.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

André Bucht

E-Mail: andre.bucht@iwu.fraunhofer.de

Phone: +49 351 4772 2344

Teile dieser Arbeit entstanden im Rahmen des Bundesexzellenzcluster EXC 1075 „Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen“ und wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung.