

W. HUFENBACH, W.-J. FISCHER, N. MODLER, E. STARKE
TU Dresden, Dresden

„Serienfähige Integration von Sensornetzwerken in langfaser- und textilverstärkte Leichtbaukomponenten“

14th LEIBNIZ CONFERENCE OF ADVANCED SCIENCE,
SENSORSYSTEME 2012, 18. - 19. Oktober 2012
Best Western Hotel am Schlosspark, 09577 Lichtenwalde (Sachsen),
Deutschland



Institutsdirektor: Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Dr. h. c. W. Hufenbach

Gliederung

Integration von Sensorsystemen im Rahmen der Großforschungsprojekte

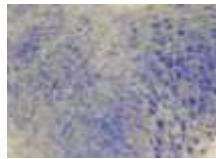
- DFG-Sonderforschungsbereich 639
- DFG-Transregio 39

Ausgangssituation

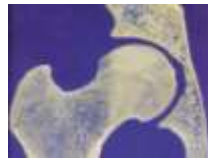
Vorbild
Natur



Kraftflussgerechte Verstärkungsgerüste



Knochenstruktur



Gelenkknochen



Skelettstruktur

Textile Verbundbauweisen und flexible Fertigungstechnologien für hochbelastete Leichtbaustrukturen



Leichtbau

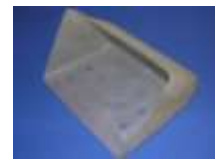
Beanspruchungsgerechte Textilverstärkungen



Textiles Halbzeug



Textile Preform

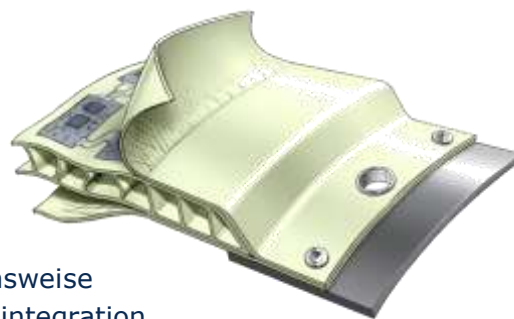


Textilverstärkte Leichtbaustruktur

DFG-Sonderforschungsbereich 639

Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen

Sprecher: Prof. Hufenbach

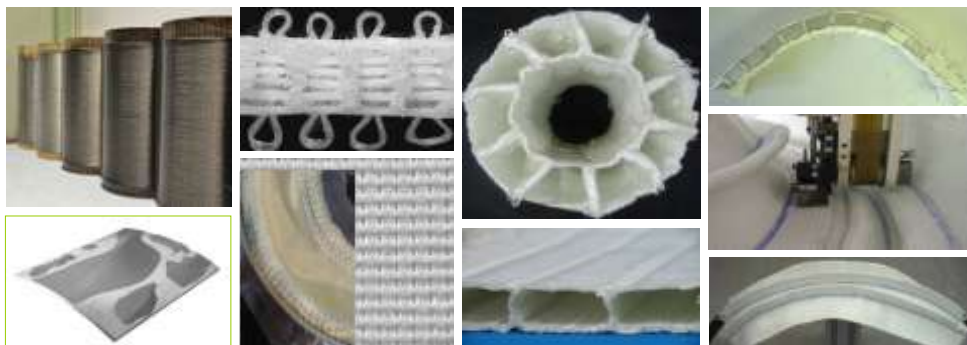


- Ziele und langfristige Vorgehensweise
- Skalenübergreifende Funktionsintegration
- Integrierte Sensornetzwerke
- Funktionale Schnittstellen



Hybridgarn-Textil-Thermoplaste (HGTT) - Beispielwerkstoffe Glasfaser und Polypropylen

Textile Halbzeuge



Online-Hybridgarnspinnen,
CNT-Grenzschichten

Mehrlagengestrick

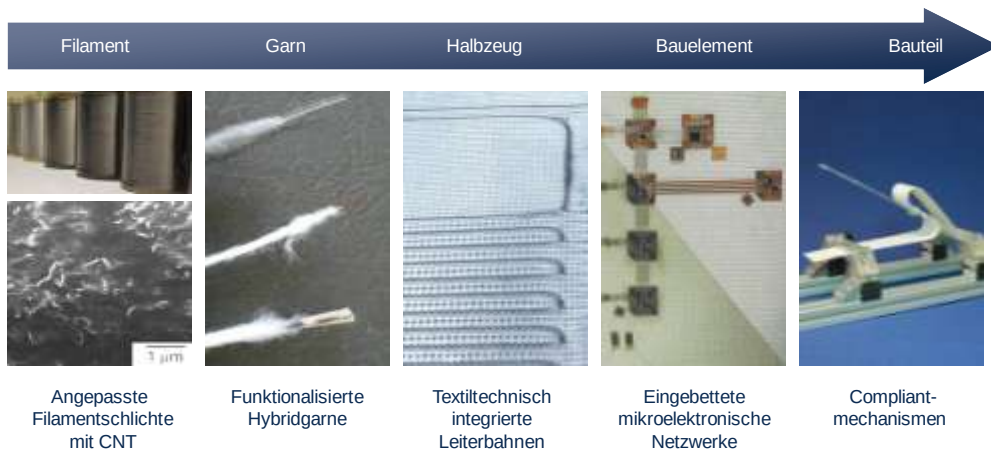
Gestrickte und gewebte
spacer fabrics

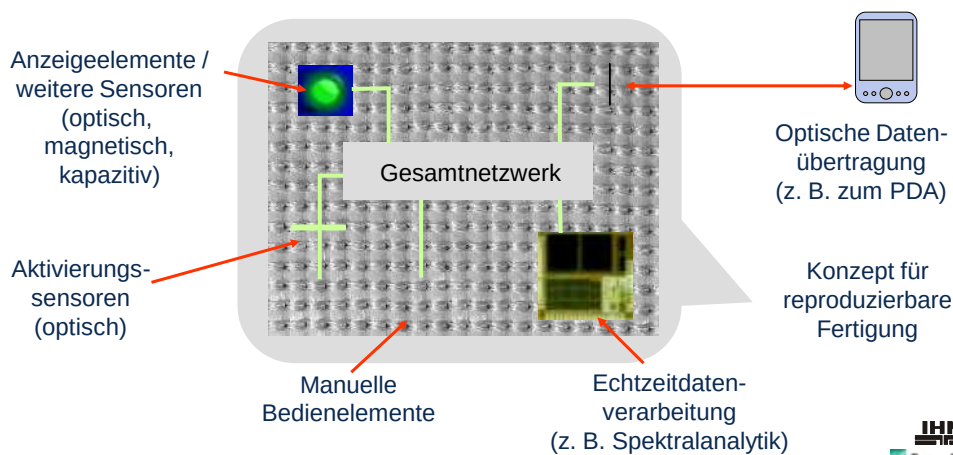
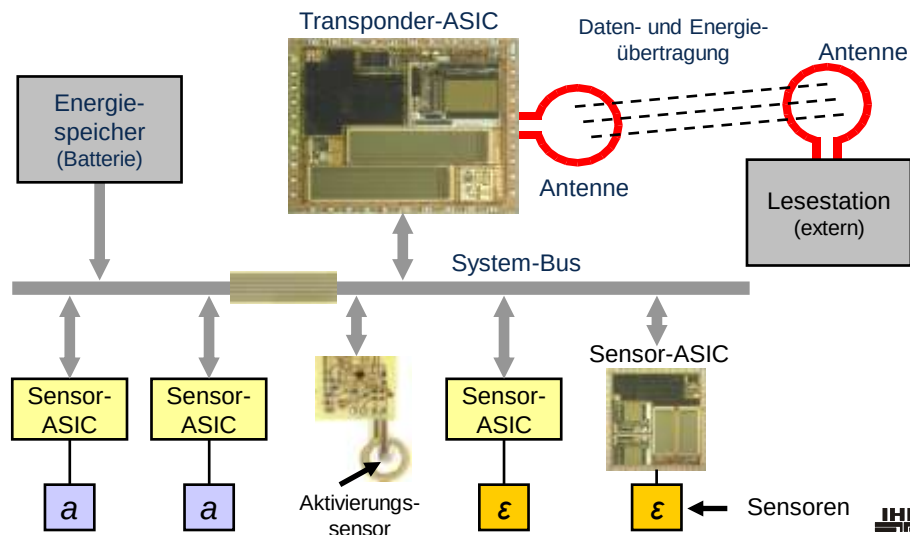
Gekrümmte
spacer preforms



Generischer Technologiedemonstrator





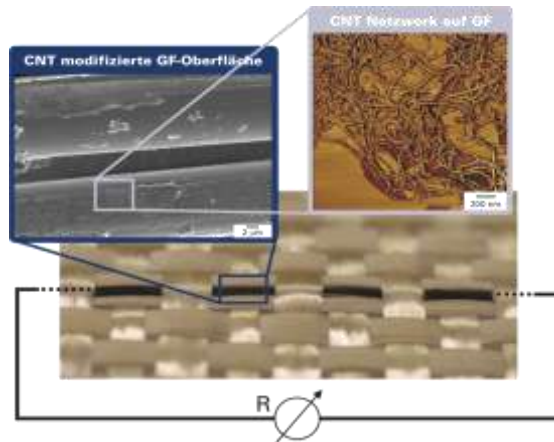


CNT-Grenzschichtsensor:

- Lokale Überwachung des Grenzschichtbereichs durch Modifizierung der Faserschichte mit CNT
- Gezielte Überwachung und frühzeitige Detektion besonders belasteter Bereiche in FKV
- Besonders geeignet für HGTT-Verbunde

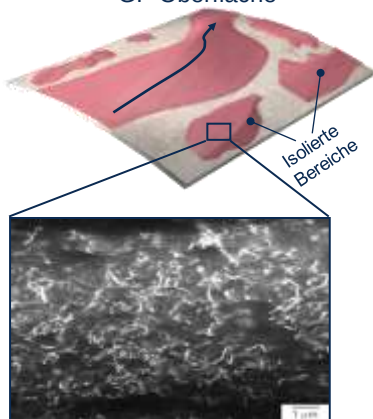


Strukturüberwachung
Textilverstärkter
Thermoplaste



Funktionalisierung und Funktionsintegration

Kontinuierlicher elektrischer Leitpfad auf
GF-Oberfläche



CNT-Beschichtung

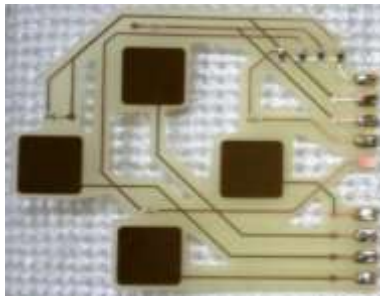
Zugversuch mit simultaner Widerstandsmessung



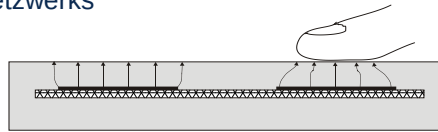
- Detektion von Grenzschichtdefekten sowie des Versagens von GF
- Elektrischer Widerstand und Sensitivität durch CNT-Beschichtung gezielt steuerbar



Integration von kapazitiven Tasten als verschleißfreie manuelle Bedienelemente für die Steuerung eines integrierten Sensornetzwerks



Kupferflächen als Tasten



Funktionsprinzip der kapazitiven Tasten (Kapazitätsänderung)



Gestickte kapazitive Tasten (Kupferdraht, Kohlenstofffaser)



- Störstellenminimierte elektrische Verbindungen zwischen den Netzwerknoten durch textiltechnische Herstellung (Sticken, Stricken, Weben, Nähen)
- Verwendung von Kupferdrähten oder leitfähigen Garnen (z.B. Kohlenstofffasern)



Genähte bzw. gewebte elektrische Verbindung

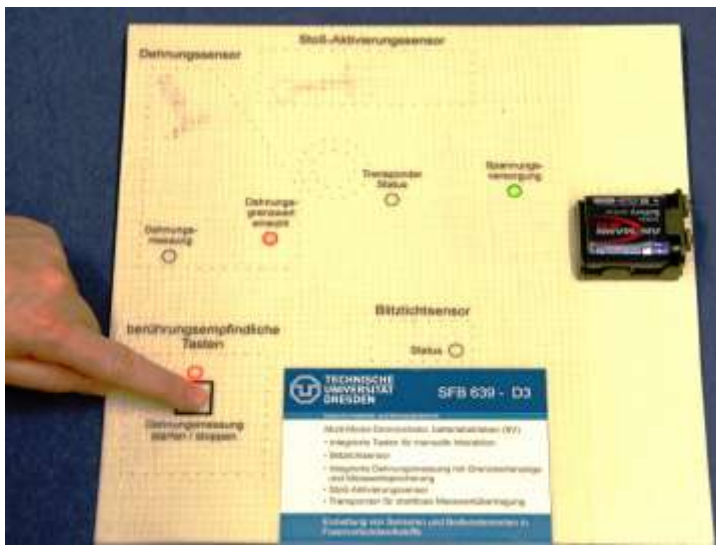
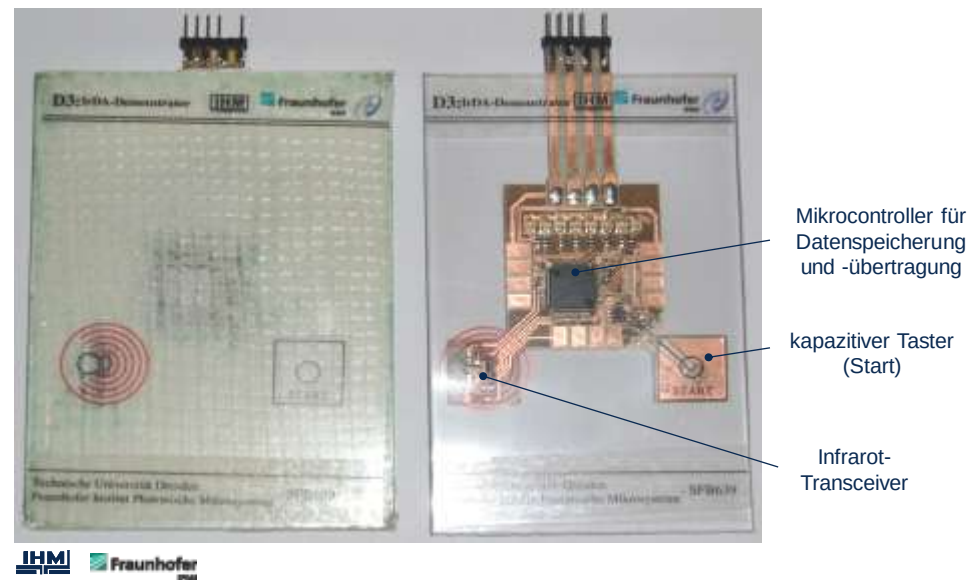


Textiltechnisch hergestellte Busleitungen



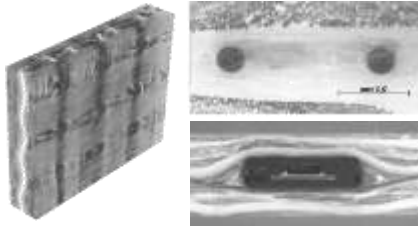
Fixierung von Modulen vor der Konsolidierung



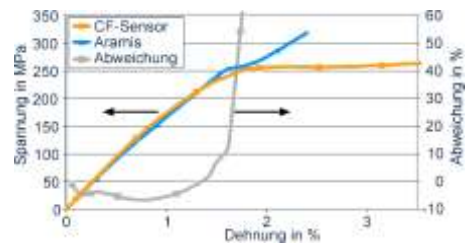
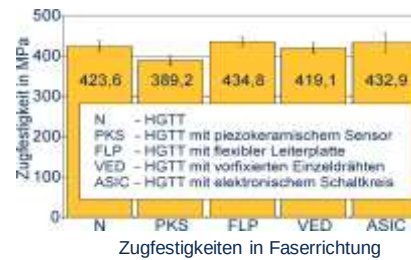


- Intelligente Faserverbundstruktur
- Aktivierung
- Blitzlicht
- Blitzlichtsensor aktiv
- Dehnungsmessung starten
- Dehnungsmessung
- Dehnungsmessung Belastung
- Dehnungsmessung Belastungsgrenze erreicht
- Dehnungsmessung stoppen

Experimentelle Analyse von Tragstrukturen mit integrierten Sensornetzwerken



HGTT-Prüfkörper mit vorfixierten Einzeldrähten (VED) bzw. integriertem elektronischen Schaltkreis (ASIC)



Korrelation von Sensorsignal und Bauteilbeanspruchung

SFB-Transregio 39



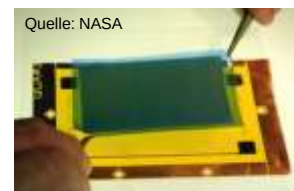
Einsatz aktiver Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV)

- Zustandsabhängige Strukturanpassung an Betriebsbedingungen
- Extremer Leichtbau auch bei komplementären Anforderungen
- Hohe Designfreiheit und Nutzung unterschiedlichster Fertigungsverfahren
- Höchstmaß an Funktionsintegration



Derzeitige Defizite

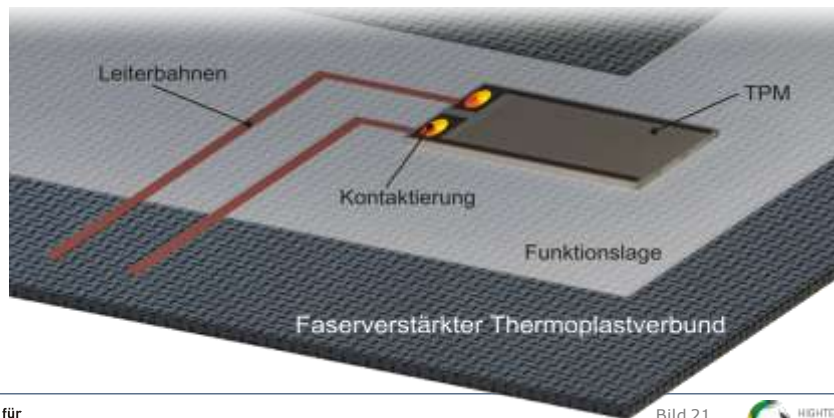
- Manuelle Aktuator-/Sensorfertigung
- Aufwändige klebtechnische Aktuator-/Sensorapplikation
- Reduzierte Dehnungsübertragung durch Klebstoffschicht
- Inkompatibilität von Aktuator-/Sensor-Trägerfolie und FKV



Großserien-Einsatz aktiver FKV erfordert Entwicklung und Verknüpfung der Prozesse Aktuator-/Sensor- und Bauteilfertigung

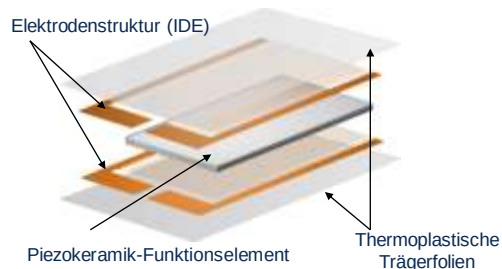


- Entwicklung angepasster Piezokeramik-Module zur stofflich homogenen Integration in faserverstärkte Thermoplaststrukturen
- Erarbeitung eines serientauglichen Fertigungsverfahrens für thermoplastverbundkompatible Piezokeramik-Module (TPM)
- Entwicklung großserienfähiger Verfahrenstechnologien zur robusten Fertigung aktiver FKV

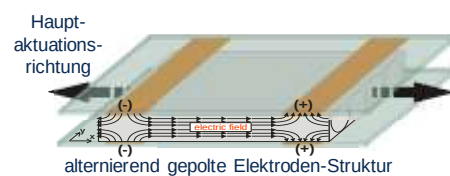


Thermoplastverbundkompatible Piezokeramik-Module (TPM)

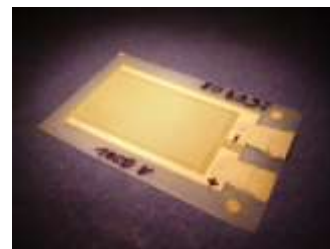
Aktor/Sensor-Design



d_{33} -Funktionsprinzip

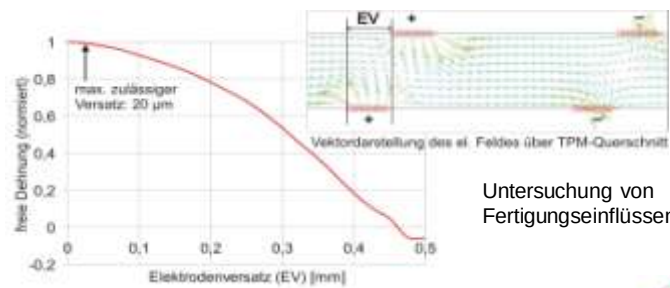


- Werkstoffkompatibilität von TPM und Faserverbund-Struktur zur stofflich homogenen Modulintegration (Trägerfolienwerkstoff = Matrixwerkstoff)
- Effizienter Fertigungsprozess und on-line-Integrationsmöglichkeit



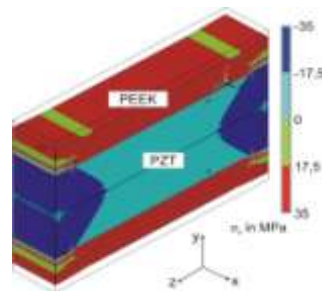
Prototypischer TPM

Material- und prozessangepasste TPM-Auslegung

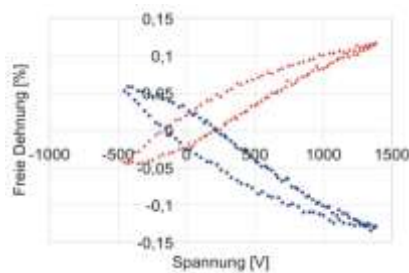


Untersuchung von
Fertigungseinflüssen

Physikalisch nichtlineare
Eigenspannungsanalysen infolge
prozessspezifischer Beanspruchungen



Seriengerechter TPM-Fertigungsprozess



Fertigungsstudien sowie Funktionstests



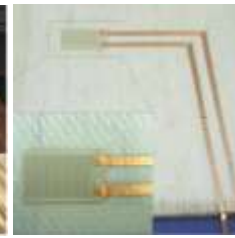
Entwicklung einer serienfähigen Modulkonfektionierung



Elektrodierungsstudien

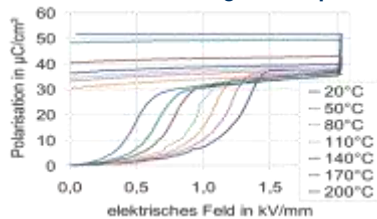


Greifer-/Stapel-Werkzeug in IR-Heizfeld

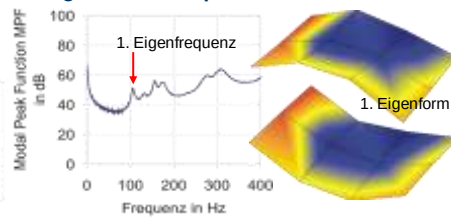


Aktiver Thermoplastverbund

Online-Polarisierungs-Studien und Charakterisierung aktiver plattenförmiger Basiskomponenten



Temperatureinfluss auf Polarisierung



Modalanalyse mit Sweep-Anregung durch integrierten TPM

Moduldesigns und reproduzierbarer TPM-Fertigungsprozesse



Moduldesign II



Moduldesign IV



Moduldesign III

- TPM mit Piezofaser-Composite
- Anisotrop vorgespannte TPM
- TPM mit d_{31} -Wirkprinzip

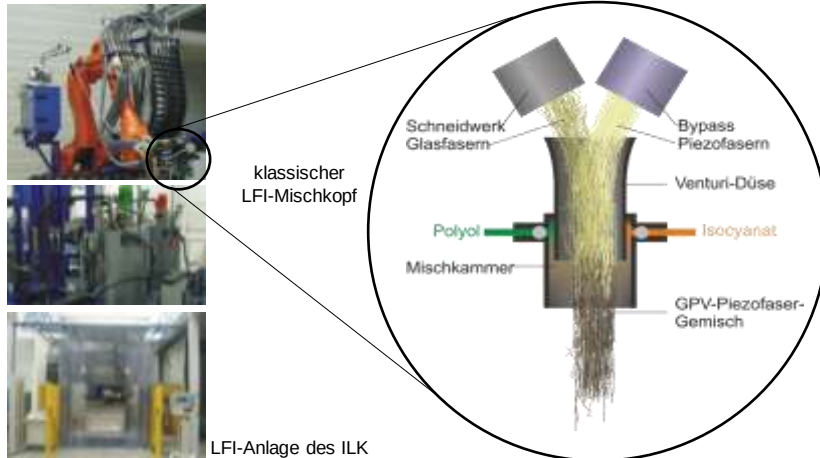
- Prozessgerechte Elektrodierung und Piezoelement-Positionierung
- Prozessschritt-Verknüpfung
- Prozesskettenanalyse



„Smarte“ Glasfaser-Polyurethan-Verbundstrukturen (GPV)

Technologische Zielstellung

- Großserienfähiger Fertigungsprozess für aktive GPV-Strukturen
- Entwicklung einer Multi-Fibre-Injection-(MFI-)Technologie
- Prozessimmanente Integration von Funktionselementen



„Smarte“ Glasfaser-Polyurethan-Verbundstrukturen (GPV)

Wissenschaftliche Zielstellung

- Entwicklung von aktiven GPV-Strukturen mit prozessimmanent integrierten piezokeramischen Funktionsmodulen
- Erarbeitung angepasster Sensorelektronik
- Experimentelle und rechnerische Untersuchung prozessbedingter Einflüsse auf funktionale Eigenschaften



Schematische Darstellung eines prozessimmanent integrierten Sensors in aktivem GPV

Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Unterstützung der Forschungsarbeiten im Rahmen des SFB 639 und des SFB/TR 39.