
PHÄNOMENOLOGISCHE BERECHNUNGSSTRATEGIE FÜR ANISOTROPE THERMOPLASTISCHE BAUTEILE

TECH TRANSFER – FORUM, HANNOVER MESSE, 25. APRIL 2018

Christian Beinert, Felix Dillenberger, Markus Fornoff

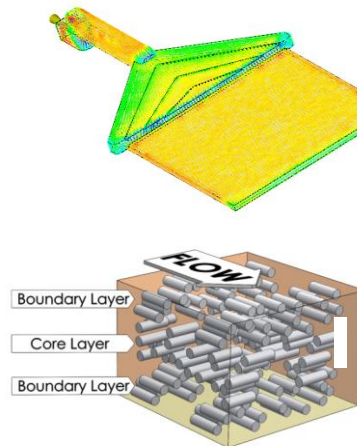
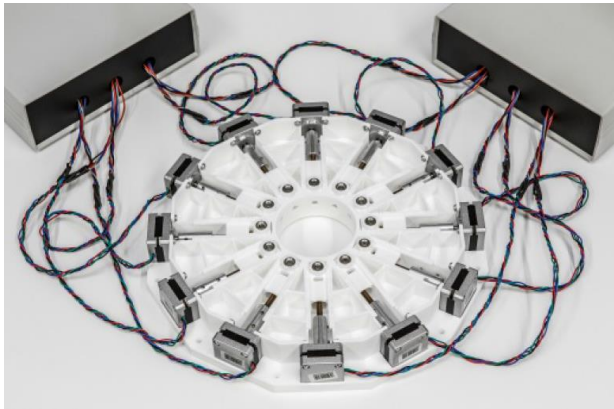


Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
www.lbf.fraunhofer.de

Motivation

Anisotropes Werkstoffverhalten

- Kunststoffbauteile weisen häufig ein lokal unterschiedlich anisotropes Materialverhalten auf: abhängig von Herstellungsprozess, Material und Bauteilgeometrie.
- z.B. additiv gefertigte Bauteile (FDM/SLS),
z.B. kurzfaserverstärkte, spritzgegossene Formteile
z.B. hybride Werkstoffverbunde



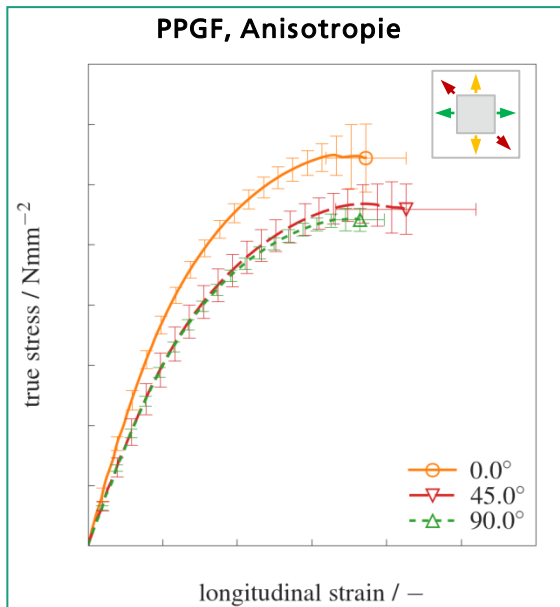
Motivation

Anisotropes Werkstoffverhalten

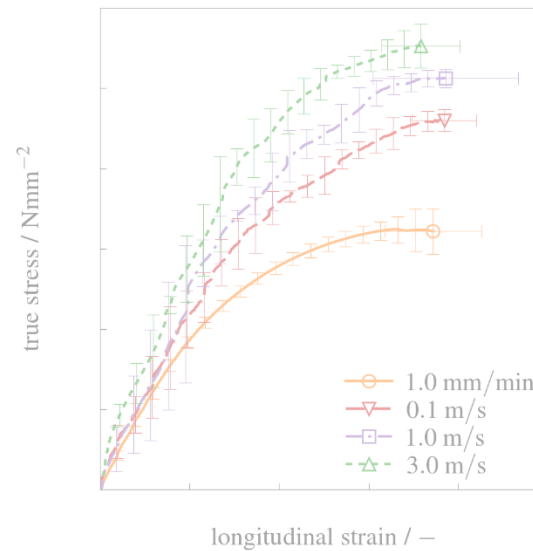
■ Bsp. Materialverhalten faserverstärkter, thermoplastischer Formteile

- anisotrop
- nichtlinear/plastisch
- lastartabhängig, dehratenabhängig

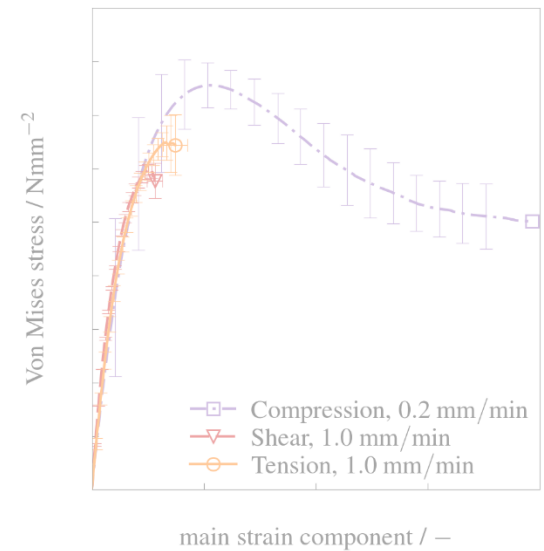
} Einfluss des Herstellungsprozesses, der Geometrie, der Materialzusammensetzung



PPGF, Dehnratenabhängigkeit



PPGF, Lastartabhängigkeit



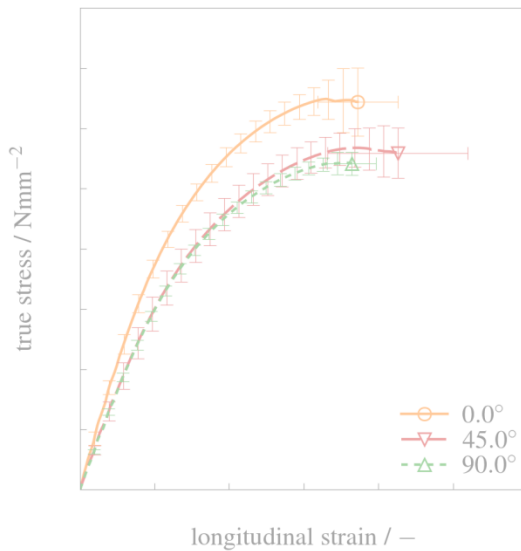
Motivation

Anisotropes Werkstoffverhalten

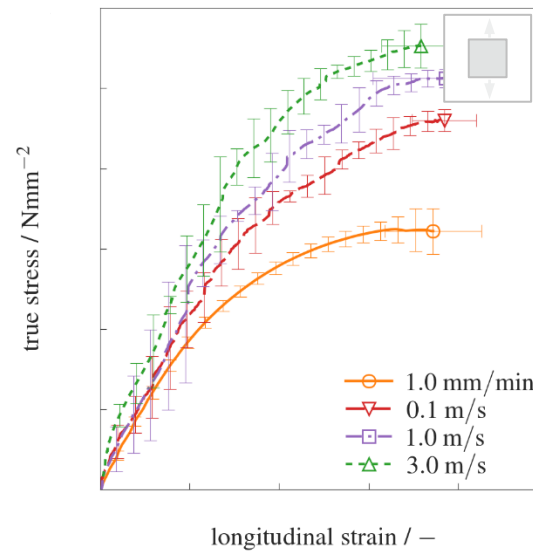
- Materialverhalten faserverstärkter, thermoplastischer Formteile
 - anisotrop
 - nichtlinear/plastisch
 - lastartabhängig, dehnratenabhängig

Einfluss der thermoplastischen Matrix

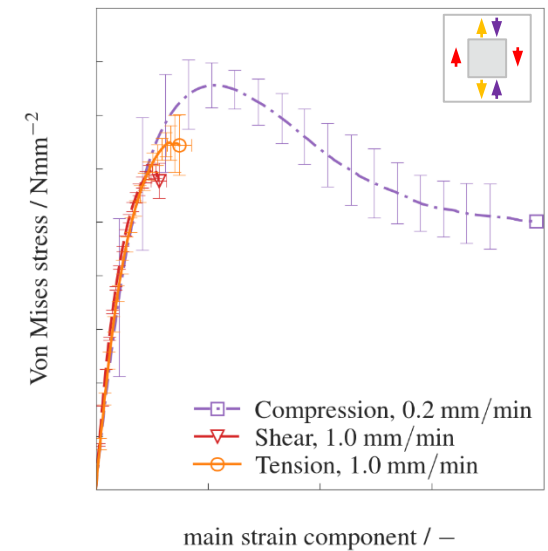
PPGF, Anisotropie



PPGF, Dehnratenabhängigkeit



PPGF, Lastartabhängigkeit

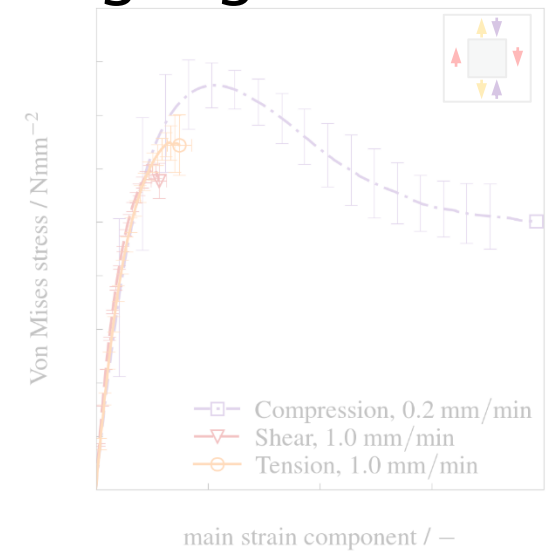
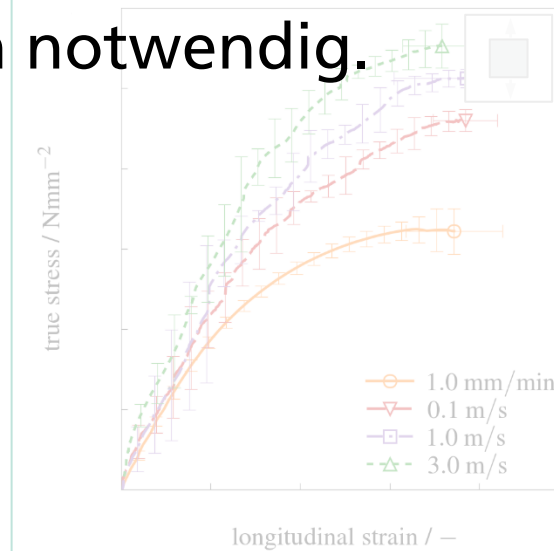
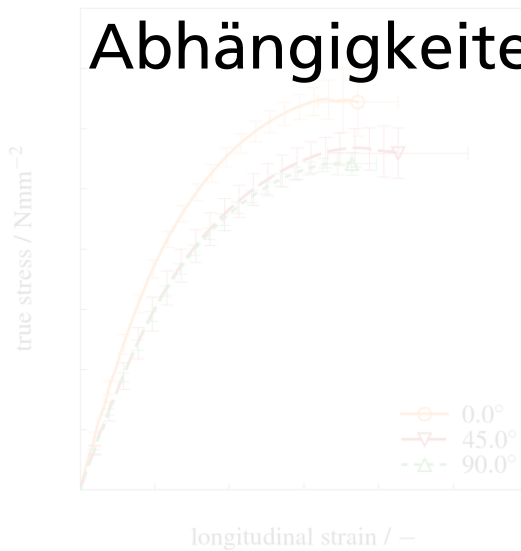


Motivation

Anisotropes Werkstoffverhalten

- Materialverhalten faserverstärkter, thermoplastischer Formteile
 - anisotrop
 - nichtlinear/plastisch

Für eine leichtbauende und betriebsfeste Auslegung technischer Bauteile ist eine Berücksichtigung dieser Abhängigkeiten notwendig.

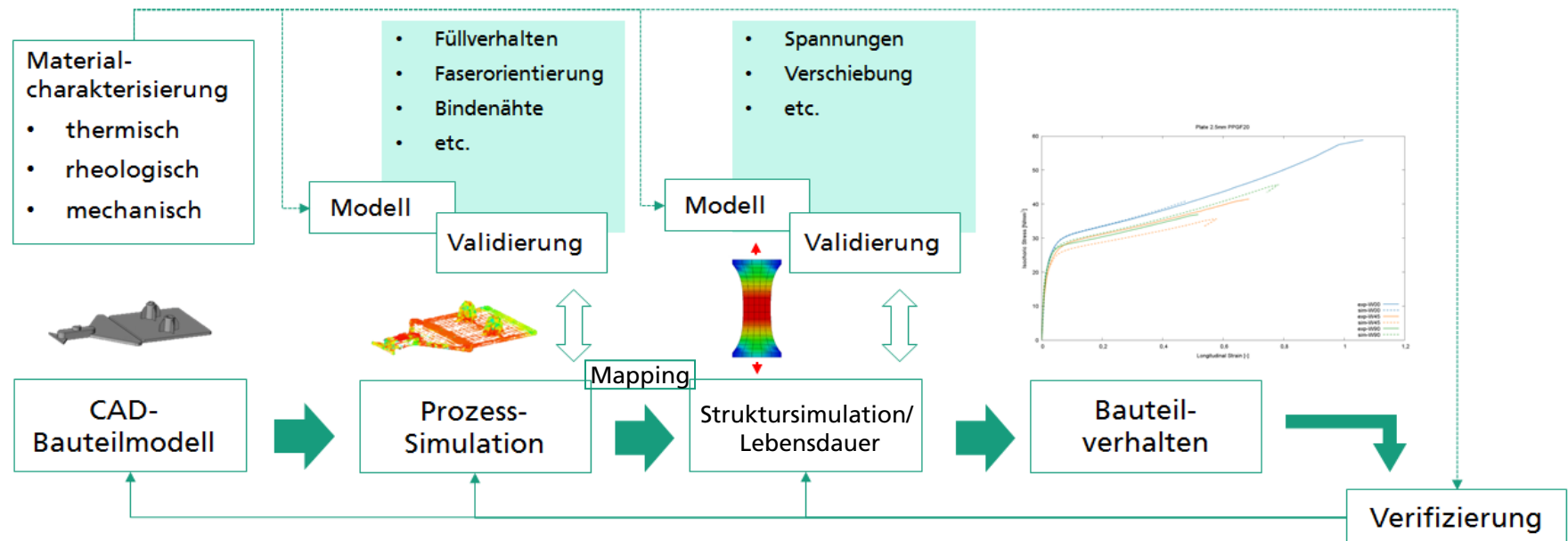


Einfluss der thermoplastischen Matrix

Vollumfängliche integrative Simulation

Übersicht – Mikromechanischer Ansatz

- Material- und Prozessabhängigkeit macht integrativer Ansätze notwendig
 - Hohe Anforderung an Schnittstellen, Materialdaten und Materialmodellen (Ideal: Standardisiert)



Integrative Simulationsansätze aus Industriesicht

Aktuelle Herausforderung

- Herausforderungen der vollen integrativen Simulation (*LBF-Umfrage 2015*)
 - hoher Komplexitätsgrad und Aufwand (Versuche, Modellierung, Software) **Maßgeschneiderte Lösungen abhängig vom Auslegungszeitpunkt notwendig**
 - komplexe Validierung der Einzelschritte und der iterativen Kopplung von Prozess- und Bauteilsimulation
 - fehlende Flexibilität bei kurzfristigem Materialwechsel/ später Materialentscheidung im Entwicklungsprozess (**fehlende konsistente Datenbank**)
- Anforderung
 - **Vereinfachte Ansätze für die Vorauslegung Struktursimulation und Vorauslegung Lebensdauer unter Berücksichtigung der Anisotropie (wo notwendig) im Bauteil**
 - Standardisierte Schnittstellen
 - Valide Modelle und Methoden „auch“ für hybride Werkstoffverbunde

Integrative Simulationansätze

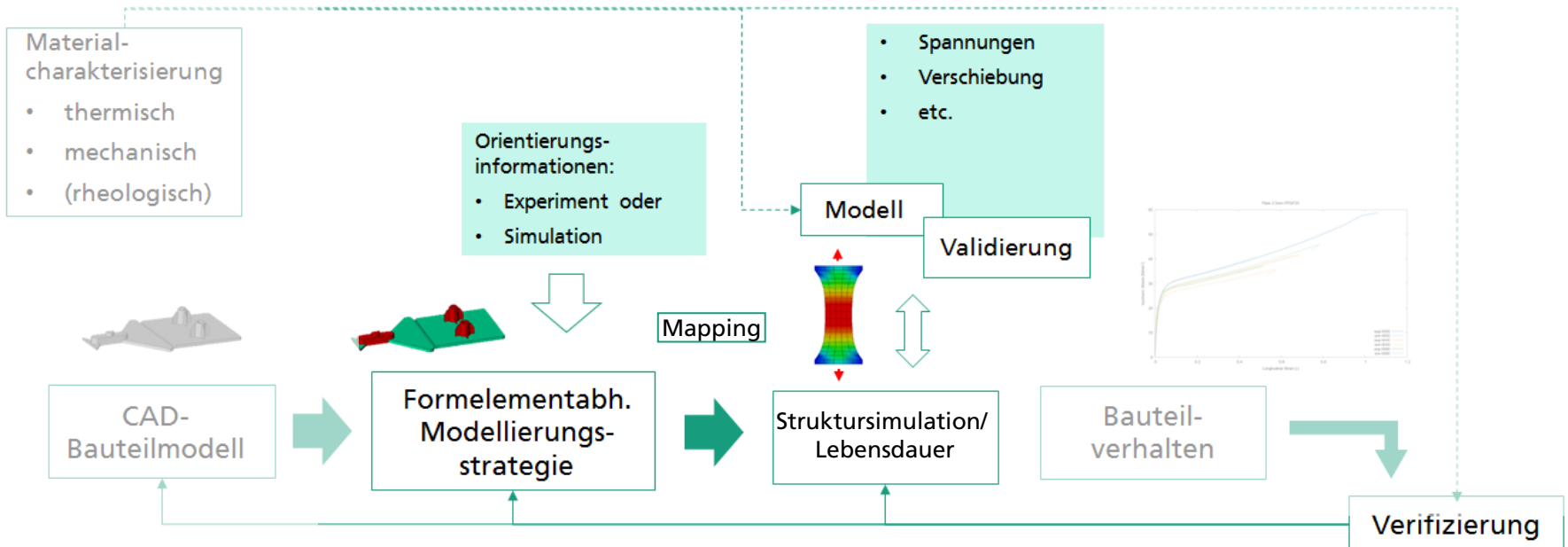
Generelle Fragen

- Fragen (Prozess- und Struktursimulation):
 - Woher bekomme ich die Materialdaten?
 - Bilden die Materialdaten meinen Belastungsfall ab (z.B. Medienlast?)
 - Sind die Materialdaten valide (Quelle)?
 - Welche Modellierungsansätze sind korrekt?
 - Sind meine Simulationsergebnisse korrekt?
 - Wie koppel ich die unterschiedliche Simulationstools, welche Informationen muss ich wie übertragen?
 - Was kostet mich das, wieviel besser wird meine Auslegung?
 - **Muss ich diesen Aufwand treiben?**
 - ...
- Konsistente Datenbank notwendig!

Phänomenologische Berechnungsstrategie

Ansatz

- Bspw. Annahme typischer Anisotropie in spezifischen Formelementen (**Keine vollumfänglich Betrachtung der Anisotropie**)
 - Gedrungene Elemente, Rippen, dünnwandige Strukturen, ...
 - Baurichtung (Additiv gefertigte Bauteile), ...



Phänomenologische Berechnungsstrategie

Bsp. Faserorientierung

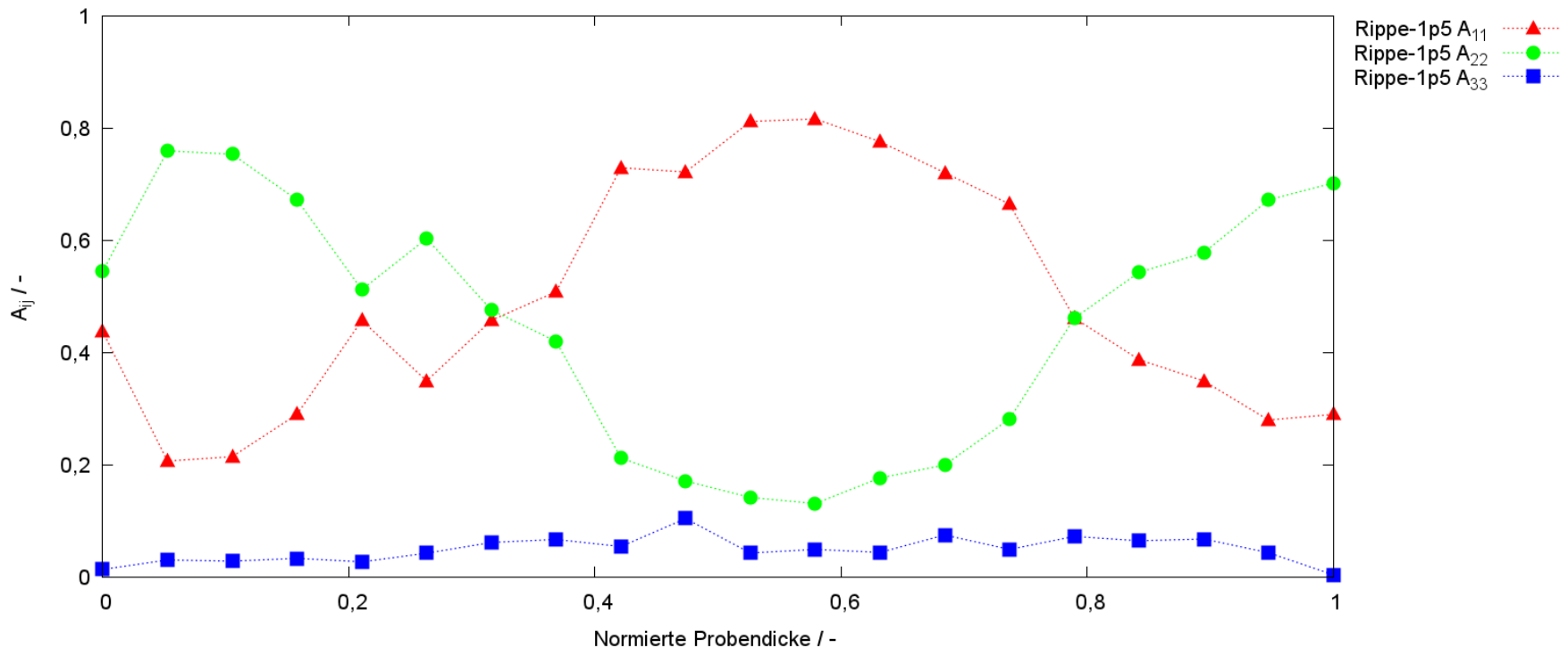
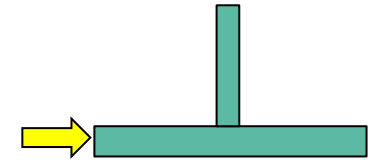
- Variation Anströmwinkel Rippe (Platte 60x60)
 - 0 Grad
 - 90 Grad



Phänomenologische Berechnungsstrategie

Bsp. Faserorientierung

■ Variation Anströmwinkel Rippe (Platte 60x60): 90 Grad

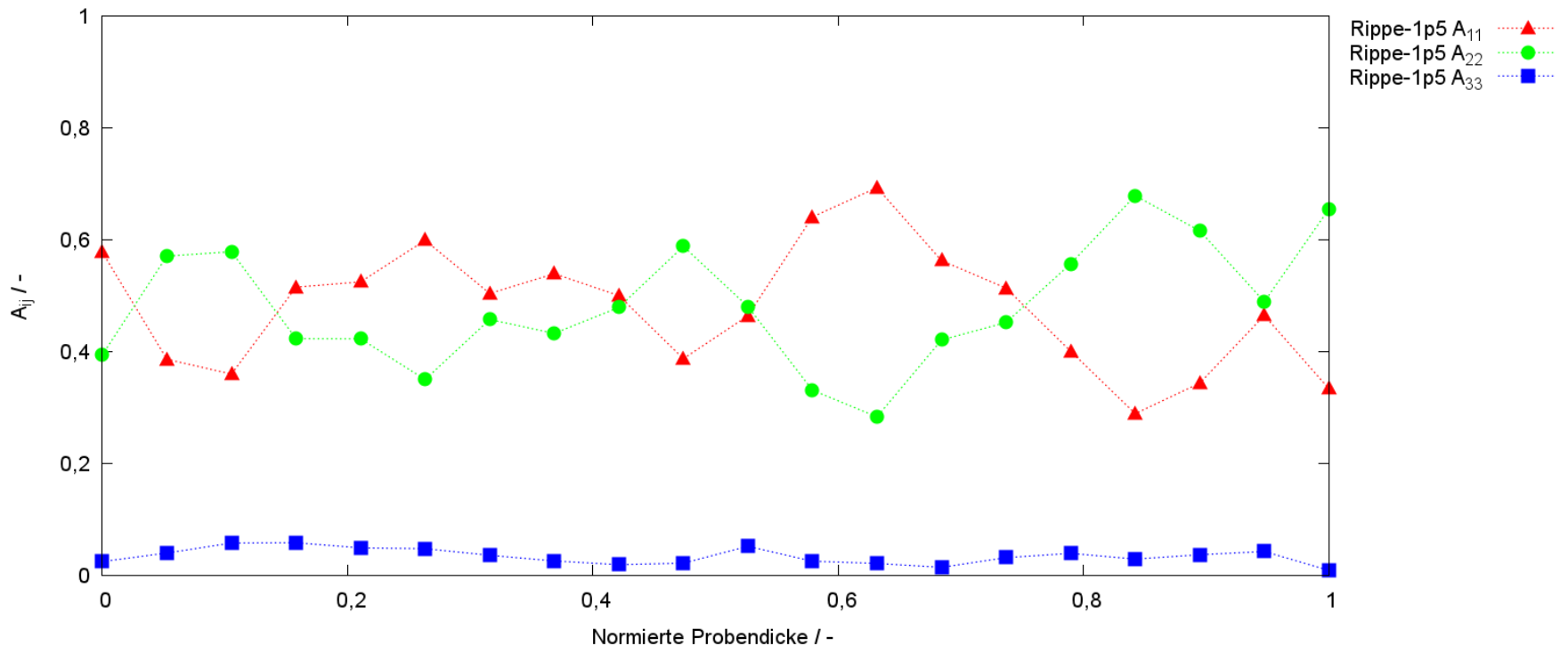
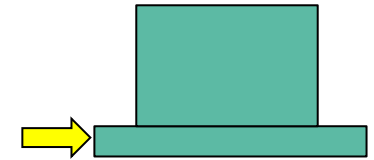


➔ Anströmwinkel hat signifikanten Einfluss auf die Faserorientierung!

Phänomenologische Berechnungsstrategie

Bsp. Faserorientierung

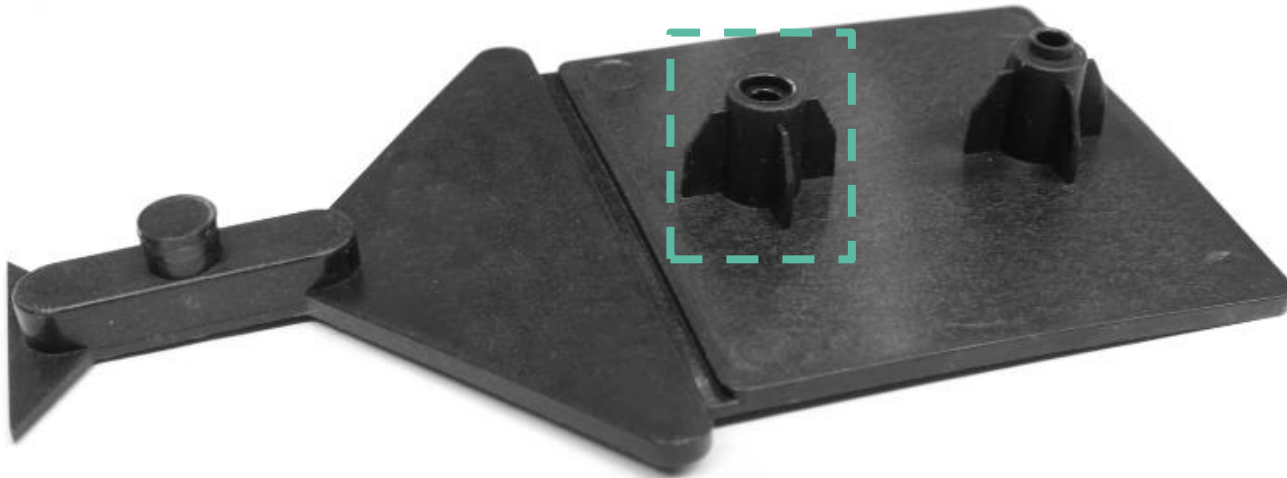
■ Variation Anströmwinkel Rippe (Platte 60x60): 0 Grad



Phänomenologische Berechnungsstrategie

Bsp. Faserorientierung

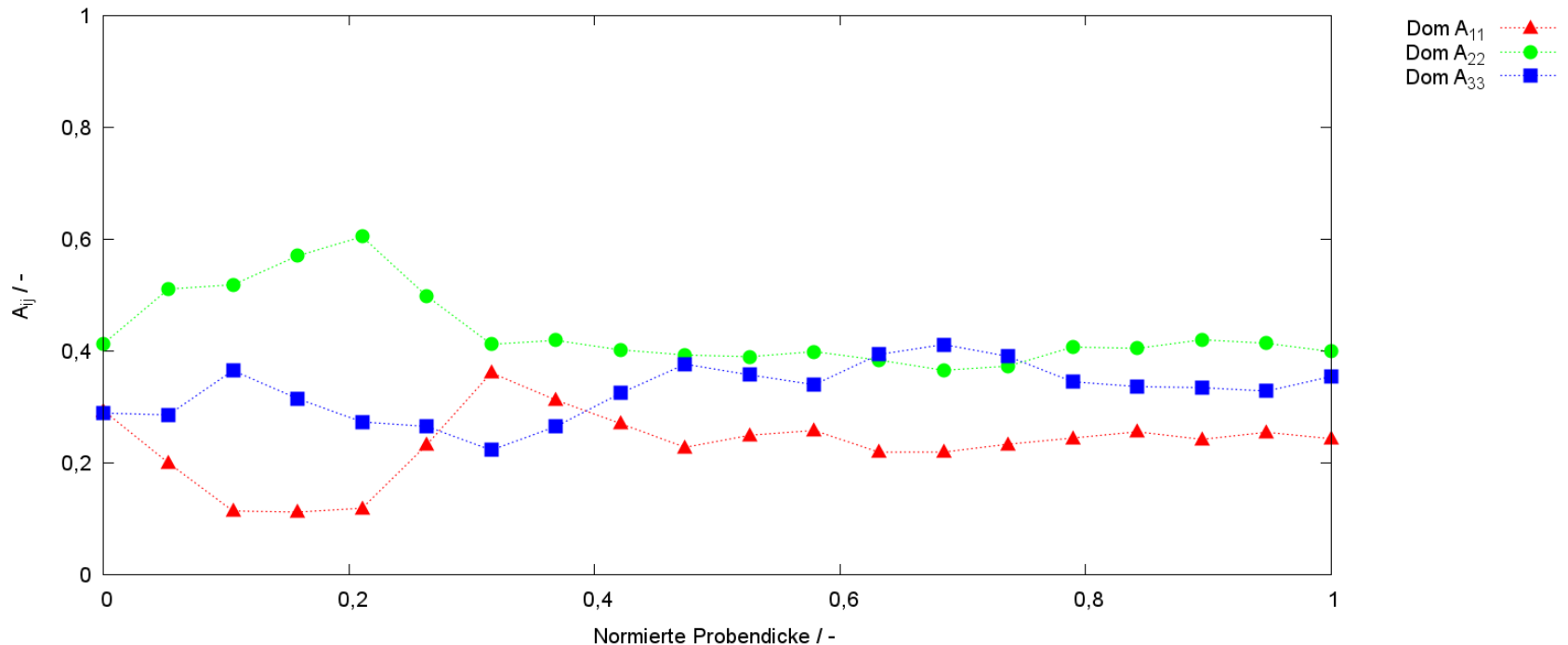
- Schraubdom (Platte 60x60)



Phänomenologische Berechnungsstrategie

Bsp. Faserorientierung

■ Schraubdom (Platte 60x60)



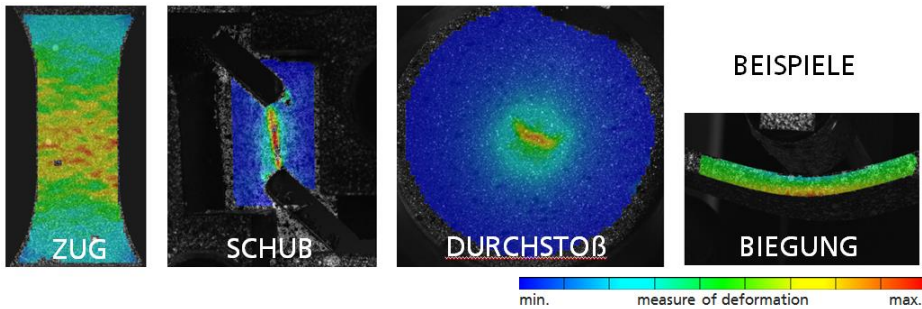
➔ Gedrungene Beschaffenheit des Domes führt zu isotroper Faserorientierung

Typisierung von Formelementen

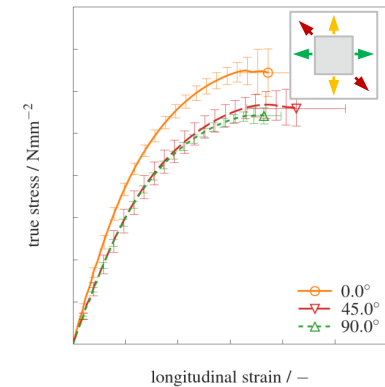
Datensammlung/Datenbank

■ Über verknüpfte Betrachtung

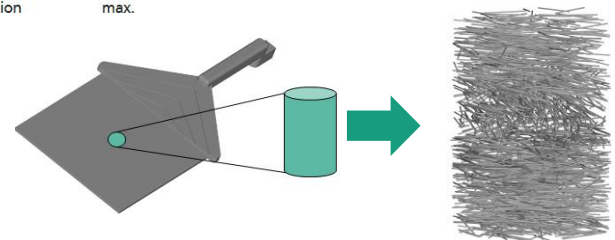
■ Der mechanischer Eigenschaften bei spezifischen Lastfällen



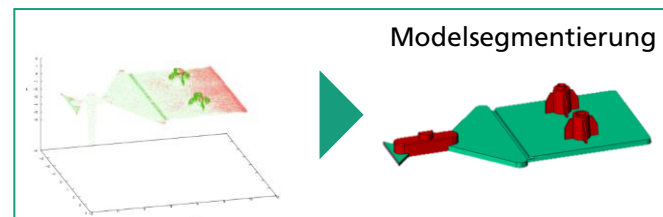
BEISPIELE



■ und der charakteristischen Mikrostruktur z. B. Faserorientierungsanalyse mittels μ CT



■ → Gruppierung möglich



Phänomenologische Berechnungsstrategie

Zusammenfassung

- Modellierungsansatz abhängig von „Notwendigkeit“

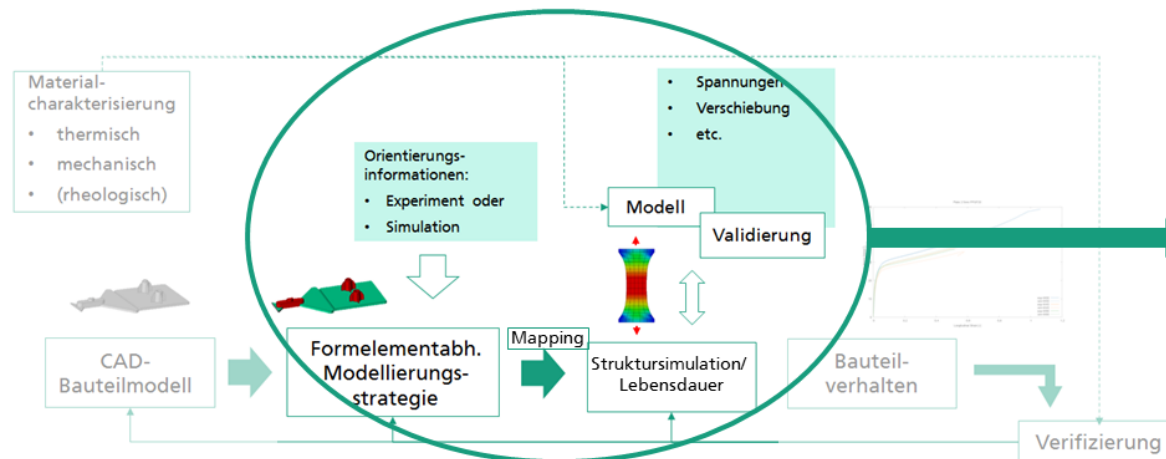
rel. Aufwand



Isotrop

Phänomenologisch

Mikromechanisch



Zusammenfassung

- Volle integrative Simulationskette für kurzfaserverstärkte Bauteile ist hochkomplex
- Ableitung phänomenologischer Berechnungsstrategie auf Basis von z.B. Faserorientierungsuntersuchungen an Formelementen
 - **Formelementabhängige** Gruppierung
z.B. Spritzgussbauteile:
flexible Prüfung von unterschiedlichen Formelementen
 - Nach Charakterisierung können Bauteile auf Basis der Informationsmatrix, **ohne neue Prozesssimulation** modelliert werden
- Ausblick:
 - Methode ist abhängig von verfügbaren Informationen zu Formelementen und Materialeigenschaften
 - Materials Data Space:
Erfassung von typischen Formelementen für verschiedene Materialien verknüpft mit Mikrostruktureigenschaften und Prozessparametern

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Christian Beinert
Christian.Beinert@lbf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
www.lbf.fraunhofer.de
