

Lokale Anisotropie in glasfaserverstärkten Kunststoffteilen

Versuch und Simulation an Probekörpern und Bauteilen

R. Steinberger¹, S. Ilincic¹, S. Seichter¹, W. Hahn², M. Morak³, P. Reithofer⁴

¹ Hirtenberger Automotive Safety GmbH & Co. KG

² Hilti AG

³ PCCL GmbH

⁴ 4a engineering GmbH

4a Technologietag
Schladming, 28.2.-1.3.2018

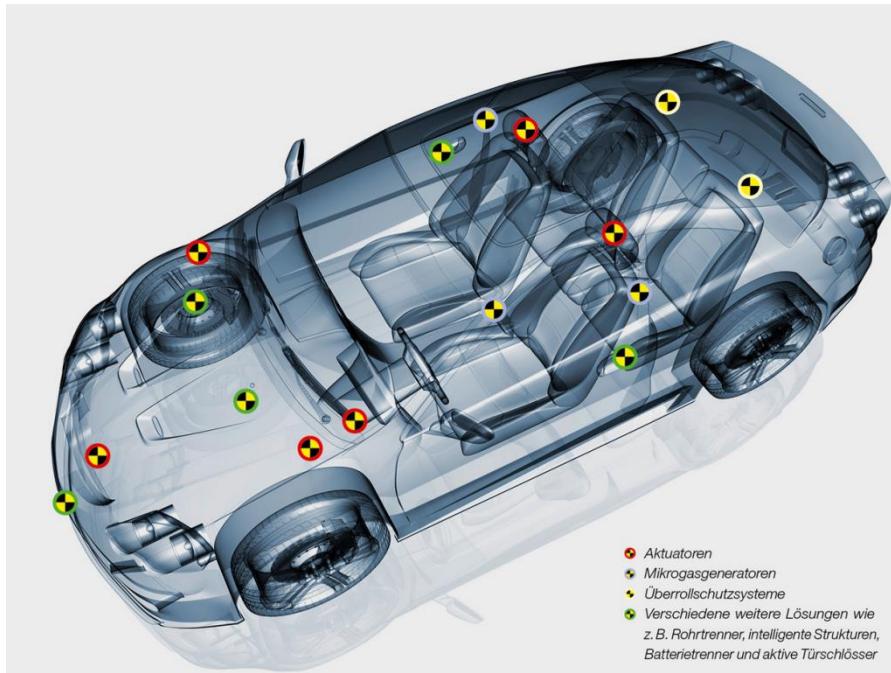


Überblick

- Prozesskette für integrative Simulation
- Materialcharakterisierung
 - *MAT_24 / *MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY
 - *MAT_215 / *MAT_4A_MICROMECHANICAL
- Füllsimulationen und Mapping
- Validierung
- Zusammenfassung und Ausblick



Hirtenberger Automotive Safety - Motivation



Mikrogasgeneratoren für Gurt- und Schlossstraffer und adaptive Airbags.



Other Solutions (Batterietrenner, Hochvolttrenner, adaptive Lenksäulen, Überrollschutz...)

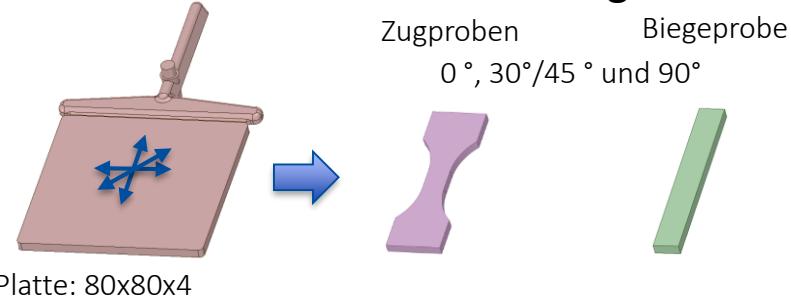


Pyrotechnische Aktuatoren für Fußgängerschutzsysteme, aktive Kopfstützen, aktive Frontklappenschlösser...

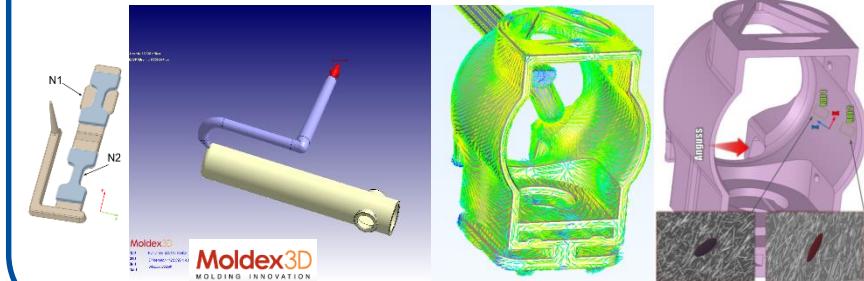


Überblick über des Prozesses der integrativen Simulation

Materialcharakterisierung



Füllsimulationen



Mapping auf Struktursimulationsnetz



- 4a Fibermesh
 ● Moldex 3D Mesh
 ● Target Mesh



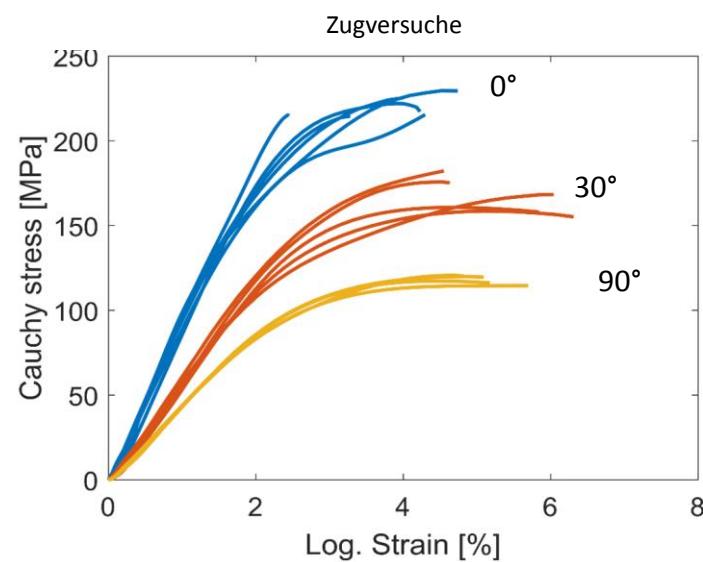
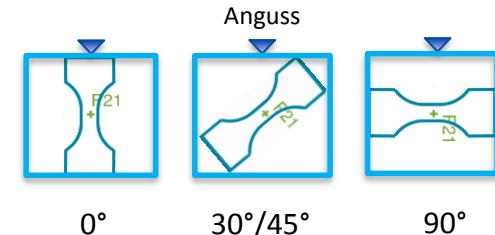
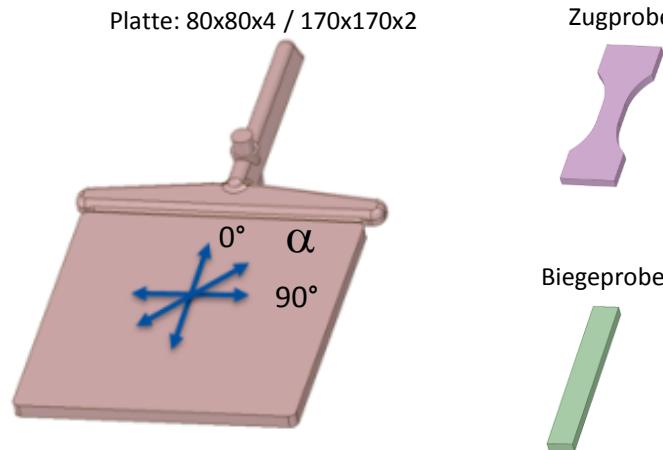
Struktursimulation



Materialcharakterisierung

Material: PA6 mit 30% Glasfaser, schlagzähmodifiziert

- Quasi-statische und dynamische Zugversuche
 - verschiedene Probenpositionen auf der Platte: 0°, 30°/45°, 90°
 - Prüfgeschwindigkeiten: 0.0001 – 10 m/s
 - Proben konditioniert nach ISO 1110
- Biegeversuche: $\alpha = 0^\circ, 30/45^\circ, 90^\circ$
- Bestimmung der Faserorientierung mit μ -CT

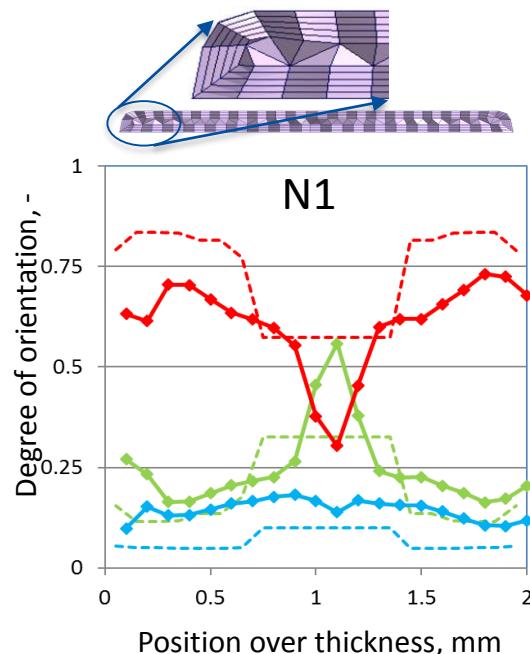


*MAT_24: Für jede Faserorientierung eigenen Materialkarte notwendig

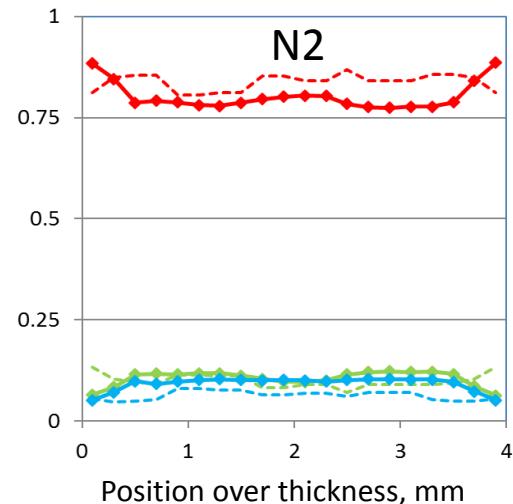
*MAT_215: Eine Materialkarte für alle Faserorientierungen

Faserorientierung

Füllsimulation vergleichen mit µCT

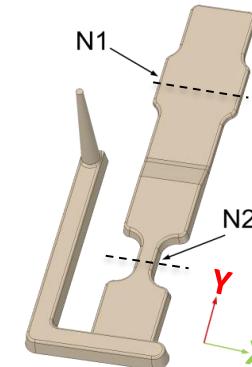


Die Faserorientierung in der Scherschicht wird überschätzt.



Gute Darstellung der Faserorientierung.

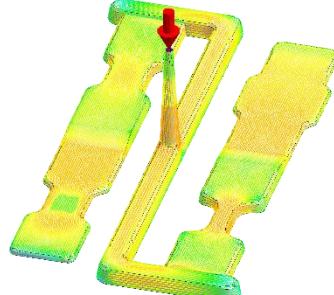
- Vorhersage der Faserorientierung zeigt teilweise signifikante Abweichungen
→ Faserorientierung muss bei diesen Validierungsprüfkörpern berücksichtigt werden.



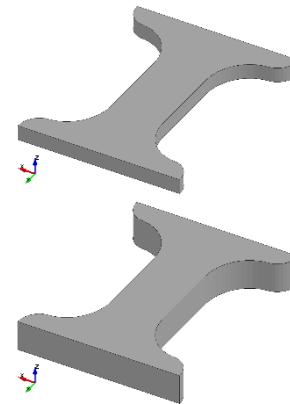
Faserorientierungs-
probekörper

Mapping auf Strukturnetz

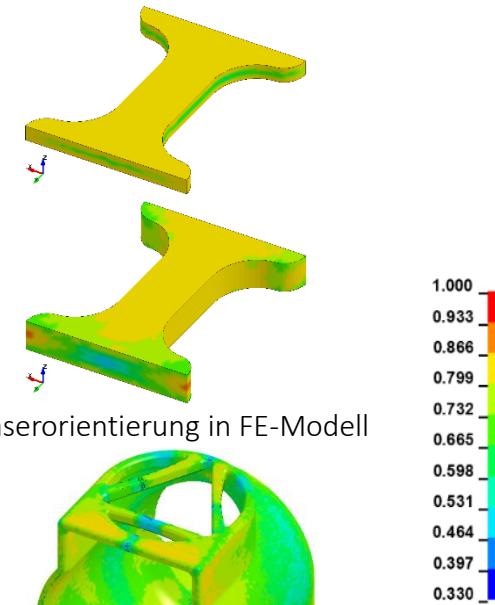
- Füllsimulationsergebnisse auf Strukturnetz übertragen
- Mappen des Orientierungstensors auf FE-Strukturnetz für *MAT_215 mit *ELEMENT_SOLID_ORTHO und *INITIAL_STRESS_SOLID – elementweise
- Berücksichtigung der Bindenähte als eigenes Part



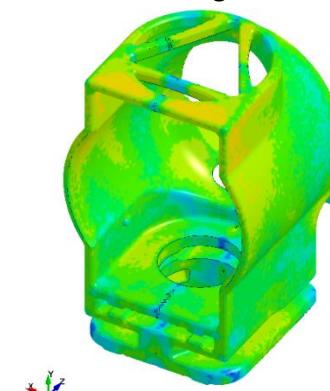
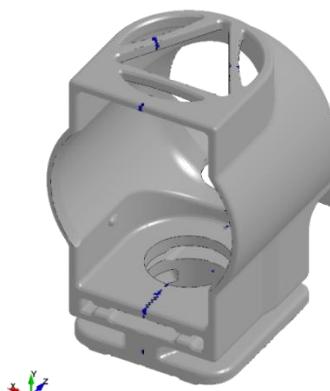
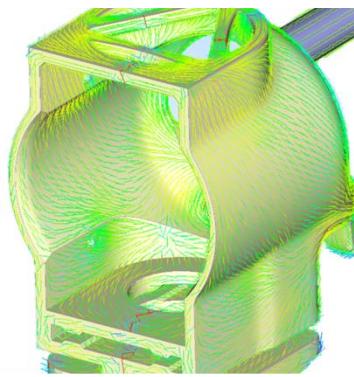
Moldex 3D Füllsimulation



Strukturnetz: Bindenahtdarstellung



Faserorientierung in FE-Modell

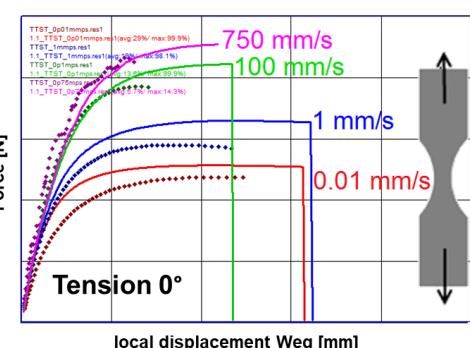


Materialkarte

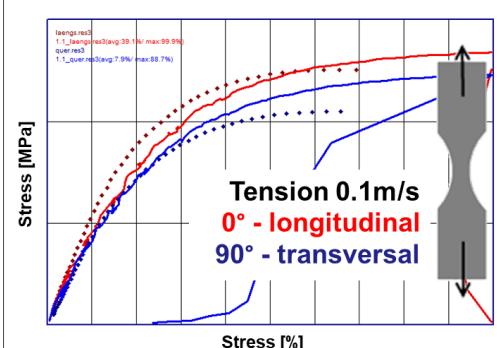
*MAT_215

- Gemessene Faserorientierung wird als Eingangsgröße für Valimat Software bei Materialkartenerstellung verwendet
- Hoher Grad der Viskoelastizität
- Für verschiedene Lastfälle müssen bezüglich der Versagensart des Materials Kompromisse eingegangen werden

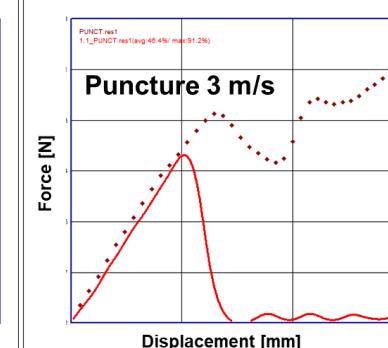
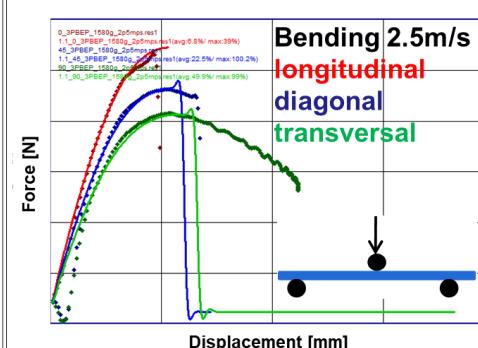
Zugversuche



Biegeversuche

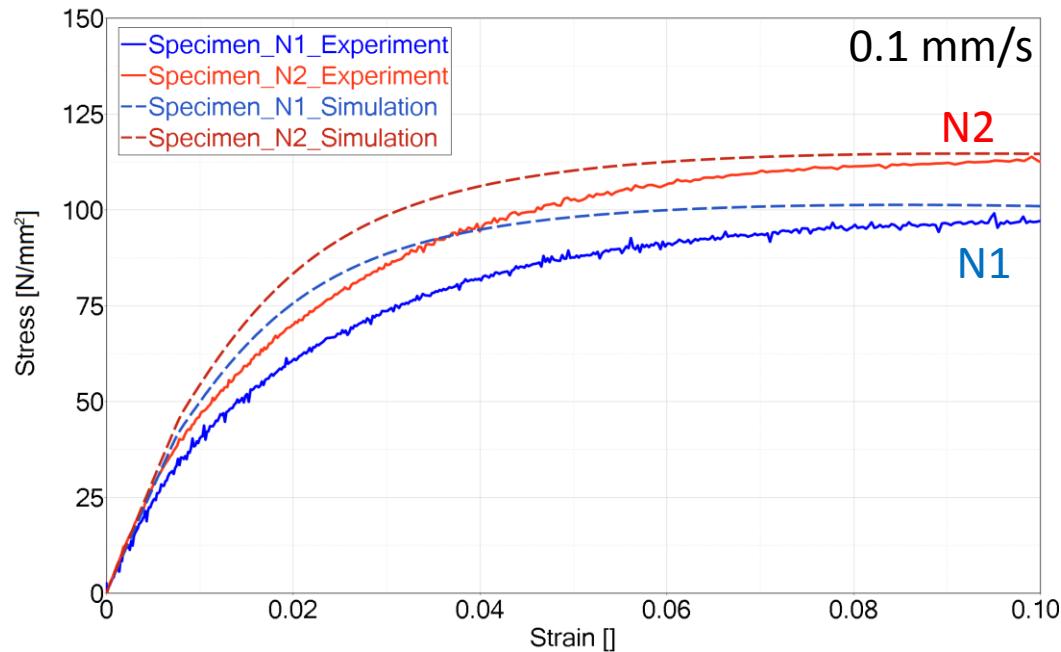


Durchbruchversuch

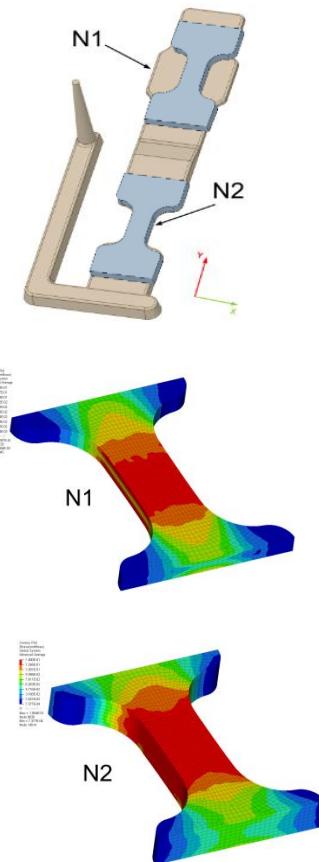


... average test curves -- simulation result

Validierung: Faserorientierungsprobekörper



PA6 GF30% IM



Die Simulation überschätzt die Zugspannung.

⇒ Mögliche Gründe:

- Elastizitätsmodul für hohe Dehnraten definiert
- Faser- l/d-Verhältnisses hat Einfluss in *MAT_215

*MAT_215

Validierung: Bauteil – Versagensbilder



Fallturmversuche

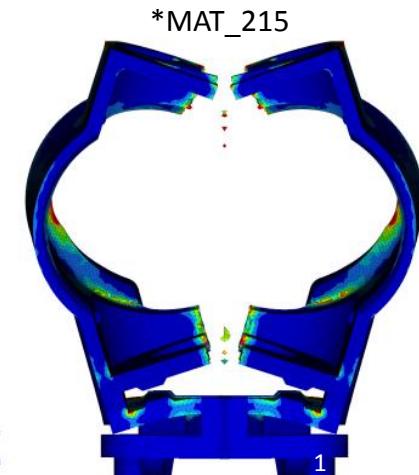
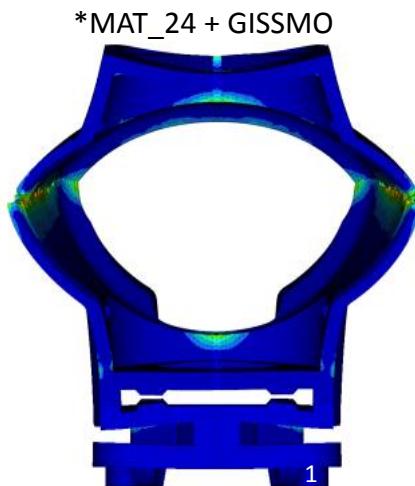


$m=7.15 \text{ kg}, v_{\text{int}}=3.10 \text{ m/s}$



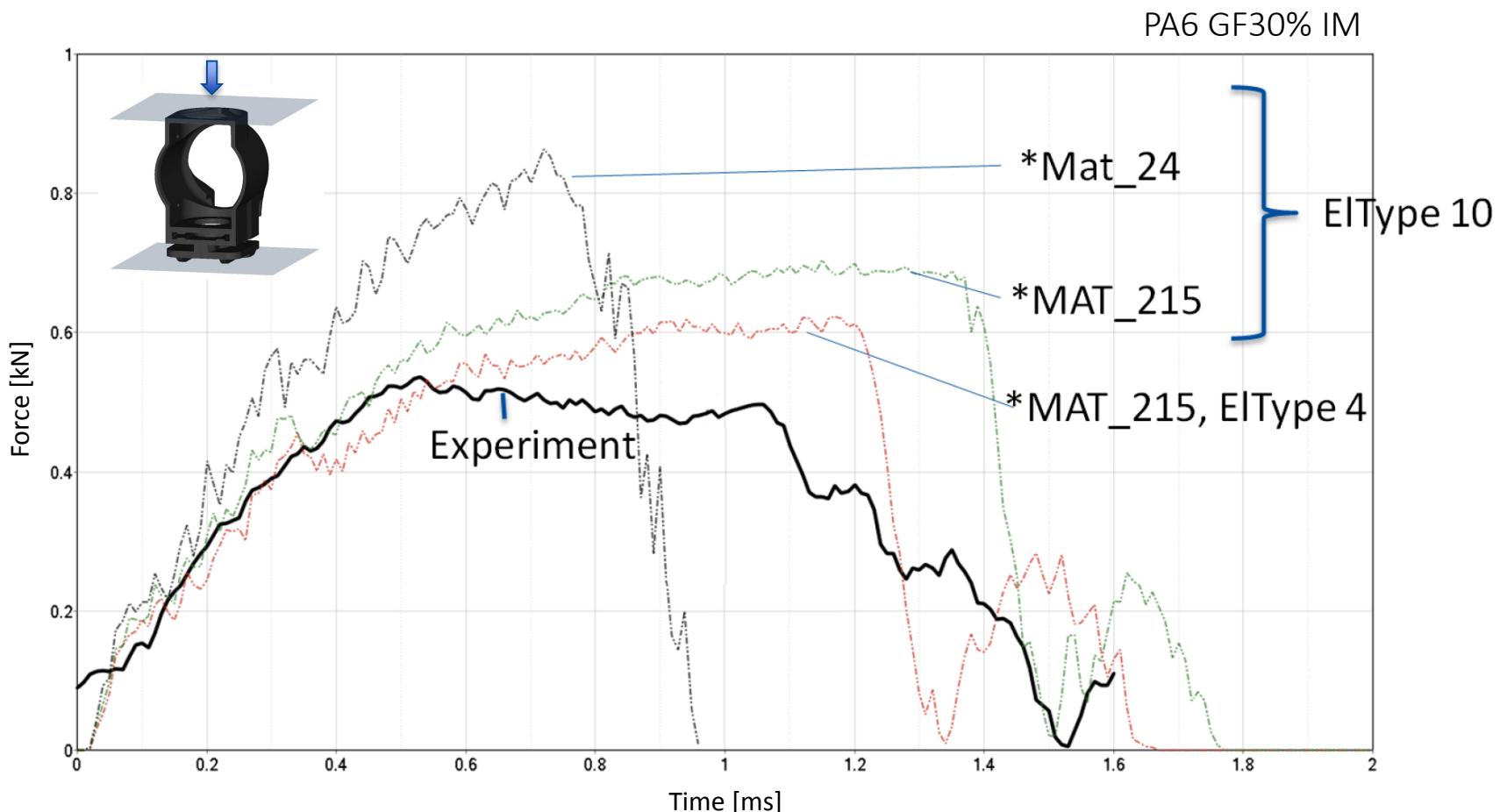
Typische Elementgröße: 0.25mm
Elementtyp: Tetrahedron Type 4
Elementanzahl: 469 470

Simulationsergebnisse



¹R. Steinberger, et.al. Hirtenberger Automotive Group – Considering the Local Anisotropy of Short Fiber Reinforced Plastics, European Dynaforum 2017

Validierung: Bauteil



¹R. Steinberger, et.al. Hirtenberger Automotive Group – Considering the Local Anisotropy of Short Fiber Reinforced Plastics, European Dynaforum 2017

Ergebnisse

Integrative Simulation

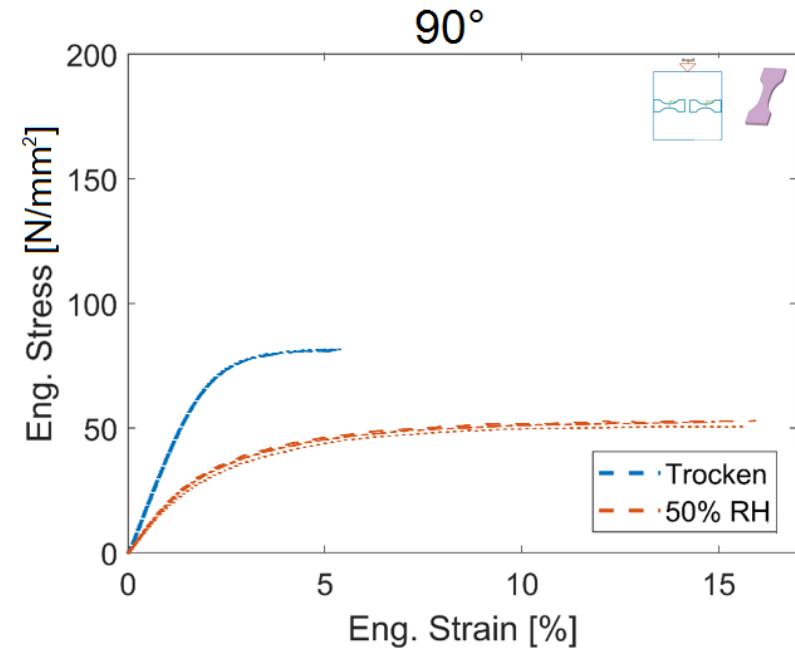
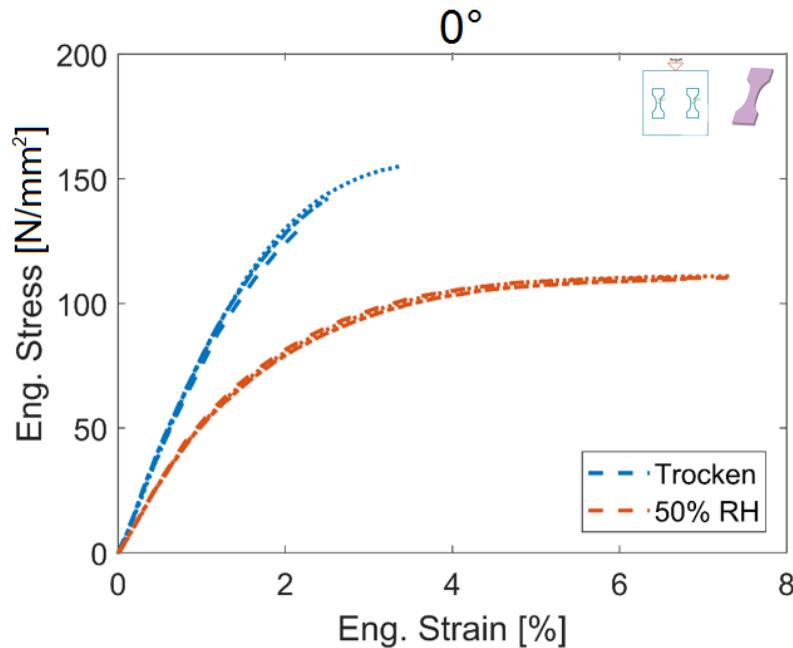
- Prozesskette mit Moldex3D, 4a Fibermap und *MAT_215 wurde eingerichtet
- Vorliegenden Validierungsbauteile zeigen Vorteile und Notwendigkeit der integrativen Simulation, Verbesserung der Simulationsergebnisse (Vergleich *MAT_24 vs. *MAT_215)
 - Berücksichtigung des Orientierungsgrades der Fasern,
 - Berücksichtigung der Richtung der Orientierung
- Qualität der Ergebnisse hängen nun auch wesentlich von den Ergebnissen der Füllsimulation ab, dem darin verwendeten Faserorientierungsmodell und den Parametern
- Bindenahrt beeinflusst maßgeblich das Bauteilverhalten

Wichtige Aspekte

- Korrektes Seitenverhältnis der Fasern
- Elementtyp
- Feuchtigkeit (PA)

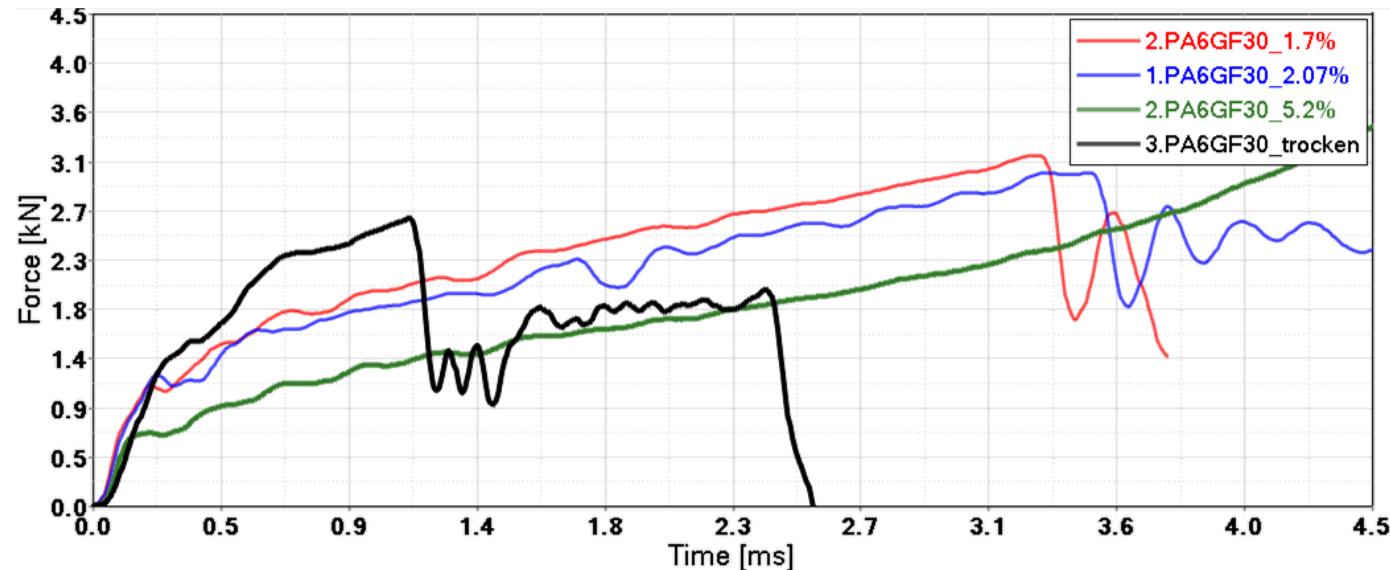
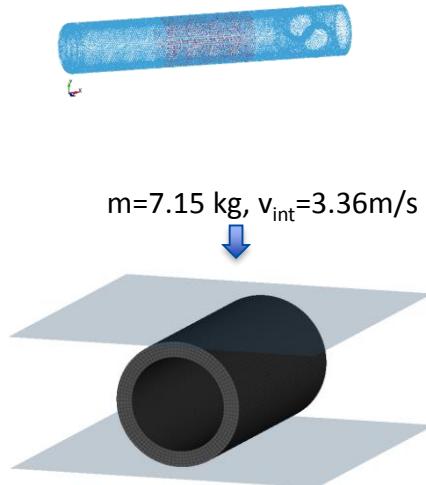
Feuchtigkeitseinfluss

Zugversuche RT, 1mm/s, 0° und 90° (PA6 GF30% IM), trocken vs. 50% r.H.



- Material im trockenen Zustand deutlich steifer
- Materialverhalten stark von Feuchtigkeit und Faserorientierung abhängig
- Unterschied beträgt durchaus Faktor 2 bis 2.5 bei feuchten Proben

Feuchtigkeitseinfluss



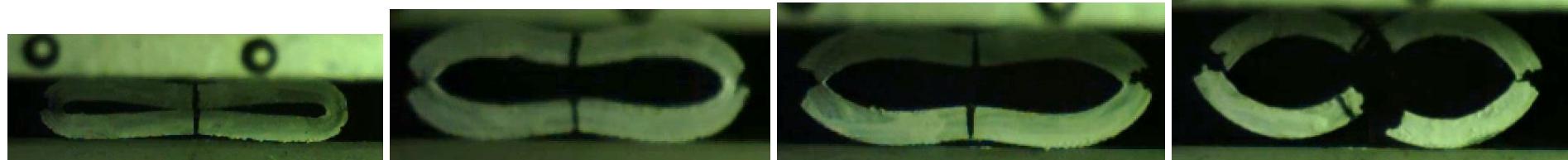
5.2%

2.07%

1.7%

trocken

Fallturmversuche



PA6 GF30 % IM

Zusammenfassung

- Integrative Simulation implementiert
- Beim vorliegenden Bauteil ist die Berücksichtigung der Faserorientierung notwendig
 - Faserorientierung hat starken Einfluss auf Versagen des Bauteils
 - Faserorientierung hat starken Einfluss auf das Kraftniveau
- Vorhersage der Faserorientierung zeigt teilweise signifikante Abweichungen

Ausblick

- Berücksichtigung der Feuchtigkeit in Materialkarte
- Untersuchung an einem neuen Bauteil mit geringerem Bindenahteinfluss
- Mapping und Schädigungsmodell von Bindenähten