KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN

SPRITZGIESSEN VON KUNSTSTOFFEN

Anwendung der µ-Computertomographie für die Materialmodellierung

Kopplung µ-CT Daten – Materialmodellierung

Christian J. Bodor – Montanuniversität Leoben – Lehrstuhl für Spritzgießen (SGK)
Roland Brunner – Material Center Leoben (MCL)
Daniel Tscharnuter – Polymer Competence Center Leoben (PCCL)
Hans Erlach - Mahle Filtersysteme Austria GmbH (MAHLE)

MONTAN UNIVERSITÄT

Otto Glöckel-Straße 2, A-8700 Leoben, Tel.: +43 3842 402 2901
spritzgiessen@unileoben.ac.at
www.kunststofftechnik.at

Leitfaden

- **Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit**
  - Einführung
  - FFG Bridge Projektdarstellung
  - Fragestellung/Beweggründe in die Computertomographie (CT-Analyse) zu gehen

- **Computertomographie**
  - Allgemeines
  - µ-Computertomographie (µ-CT)

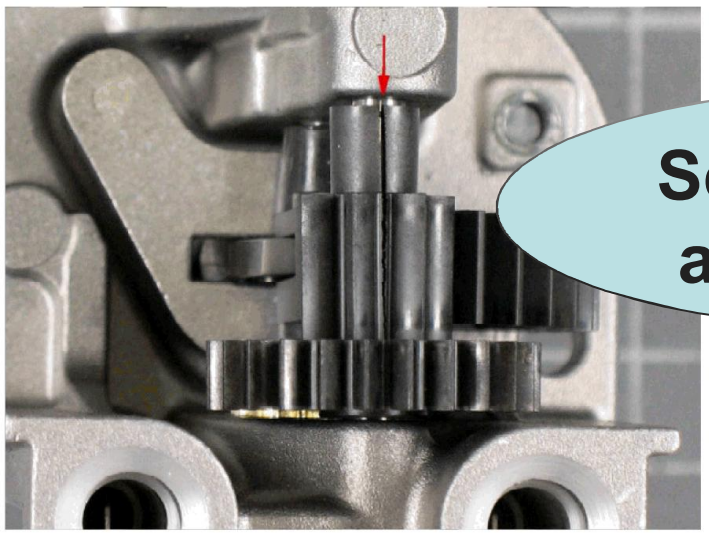
Leitfaden

- **Anwendung Computertomographie für die Materialmodellierung**
  - Erste Schritte/Ergebnisse

- **Zusammenfassung**
  - Vertiefung
  - Aussicht

Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

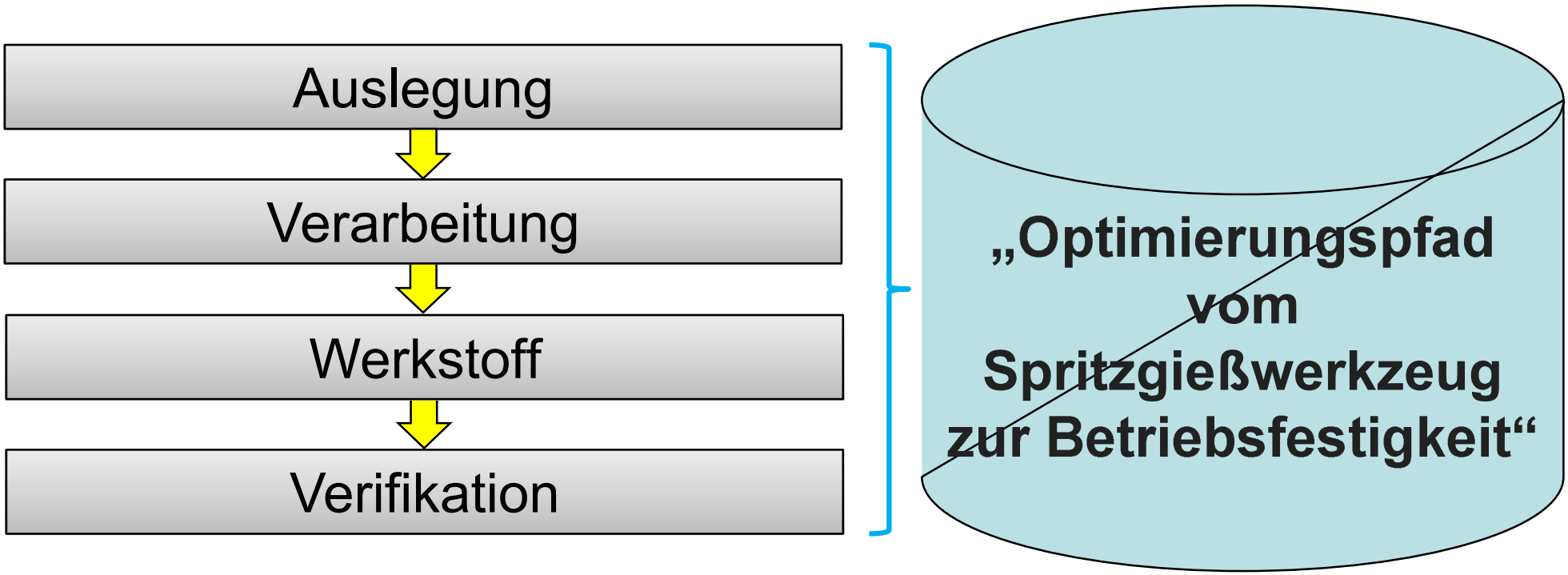
Einführung



Schadensbilder aus der Praxis

Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

Einführung

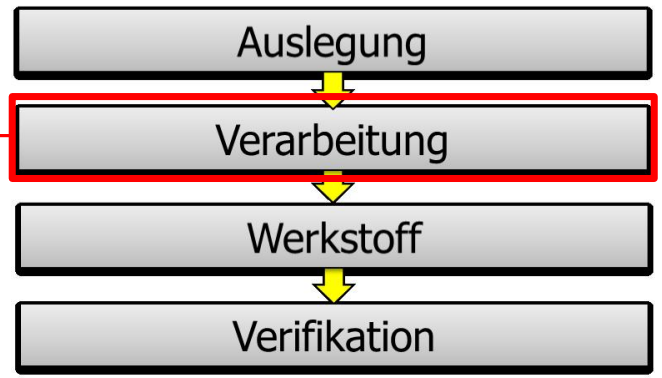


Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

FFG Bridge Projekt Projektdarstellung

3 Jähriges FFG Bridge Projekt
Integrative Simulationskette

- Gesamtheitliche Betrachtungsweise



- Entwicklung innovativer Werkzeugkonzepte zur Betriebsfestigkeitserhöhung in Schwachstellen von Kunststoff-Spritzgießbauteilen

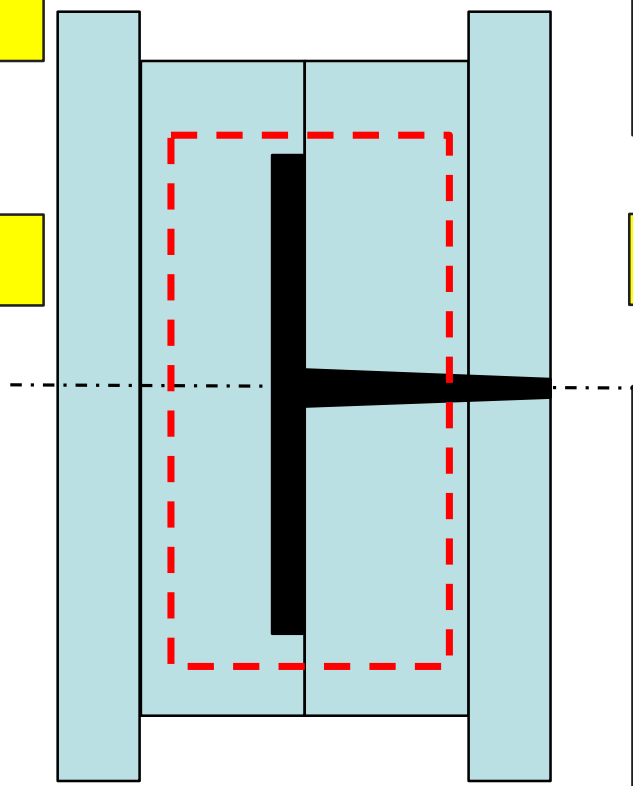
Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

FFG Bridge Projekt Projektdarstellung

Werkzeugkonzept

Prüfkörpervariationen

Werkzeuglagenvariation



Variotherme Heiztechnologien

5-fach Sensorierung

Integrierbare Manipulations-systematik mit mehrstufigen Beeinflussungs-möglichkeiten

Forschungskonsortium

Mahle Filtersysteme Austria GmbH

Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe

Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen

Lehrstuhl für Allgemeinen Maschinenbau

Polymer Competence Center Leoben GmbH

Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

Fragestellung/Beweggründe in die CT-Analyse zu gehen

- **Kompetenzaufbau** im Bereich CT
- Schnelle und einfache Detektionsmethode
- **Detektion von Kohlenstoff-Kurzfasern**
- Verifikation von Faserlängen und Faserorientierung

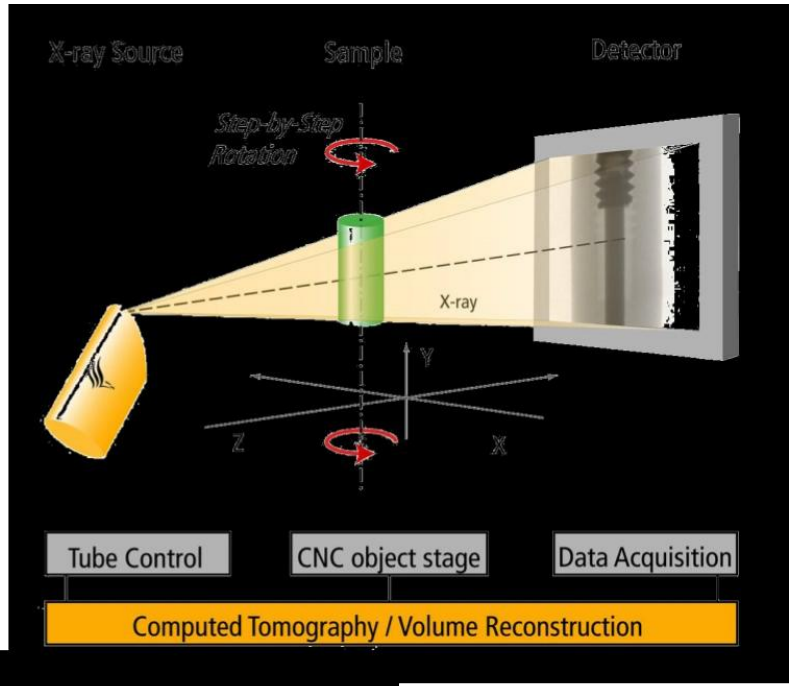
Verknüpfung Werkzeugtechnologie-Betriebsfestigkeit

Fragestellung/Beweggründe in die CT-Analyse zu gehen

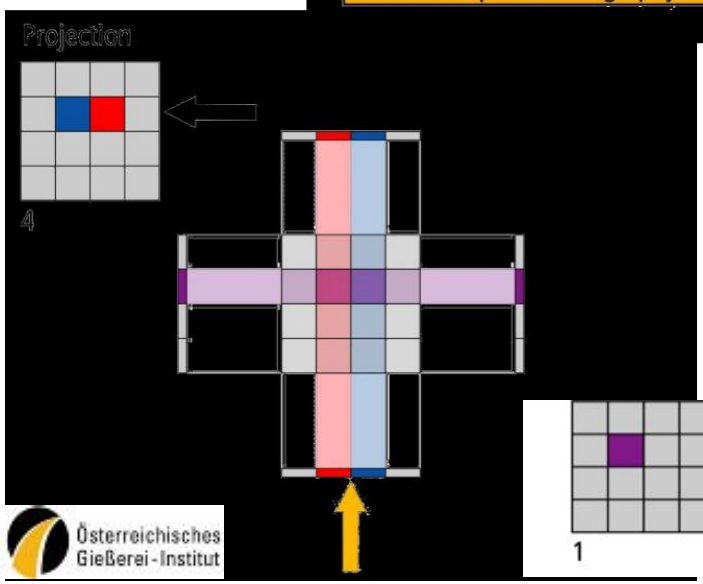
- **Kopplung** von CT-Daten Materialmodellierung
- **Abgleich Spritzgießsimulation und Realität**
- Auswirkung des **Werkzeugsystems** auf die **Fasereigenschaften**

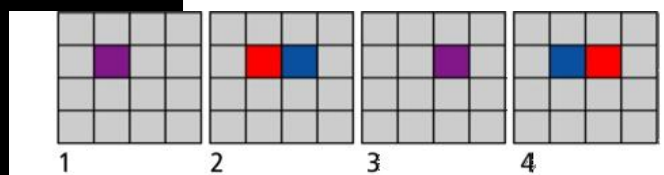
Computertomographie

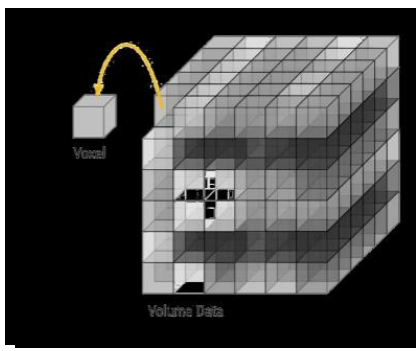
Allgemeines



Probe befindet sich im Röntgenkegel
Aufnahme der Projektionen bei schrittweiser Rotation der Probe um 360°





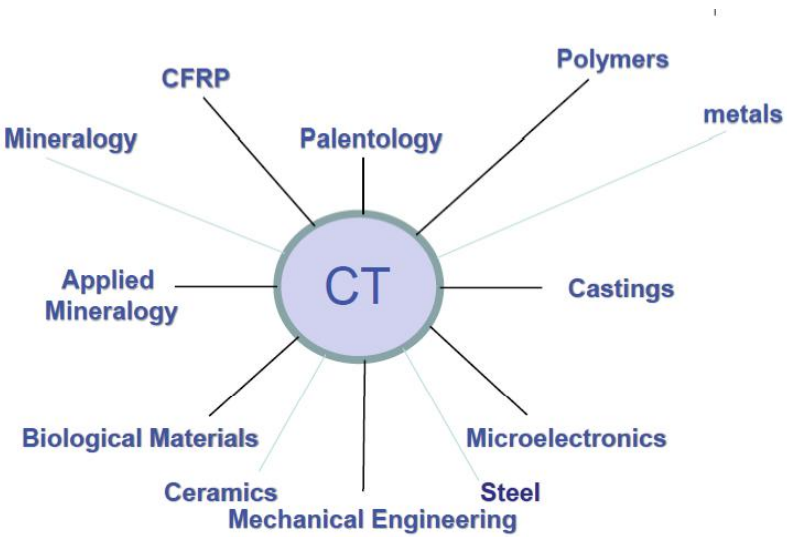


ÖGI Österreichisches Gießerei-Institut

Computertomographie

µ-Computertomographie (µ-CT)

MCL - Material Center Leoben



Nanotom m:

Faser-Analyse:

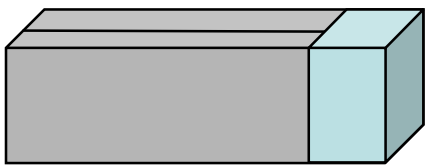
- Lokale und globale Faserorientierung
- Lokale und globale Faserkonzentration
- Faserverteilung
- Abweichung von einer vordefinierten Referenzorientierung

Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse

Probenvorbereitung

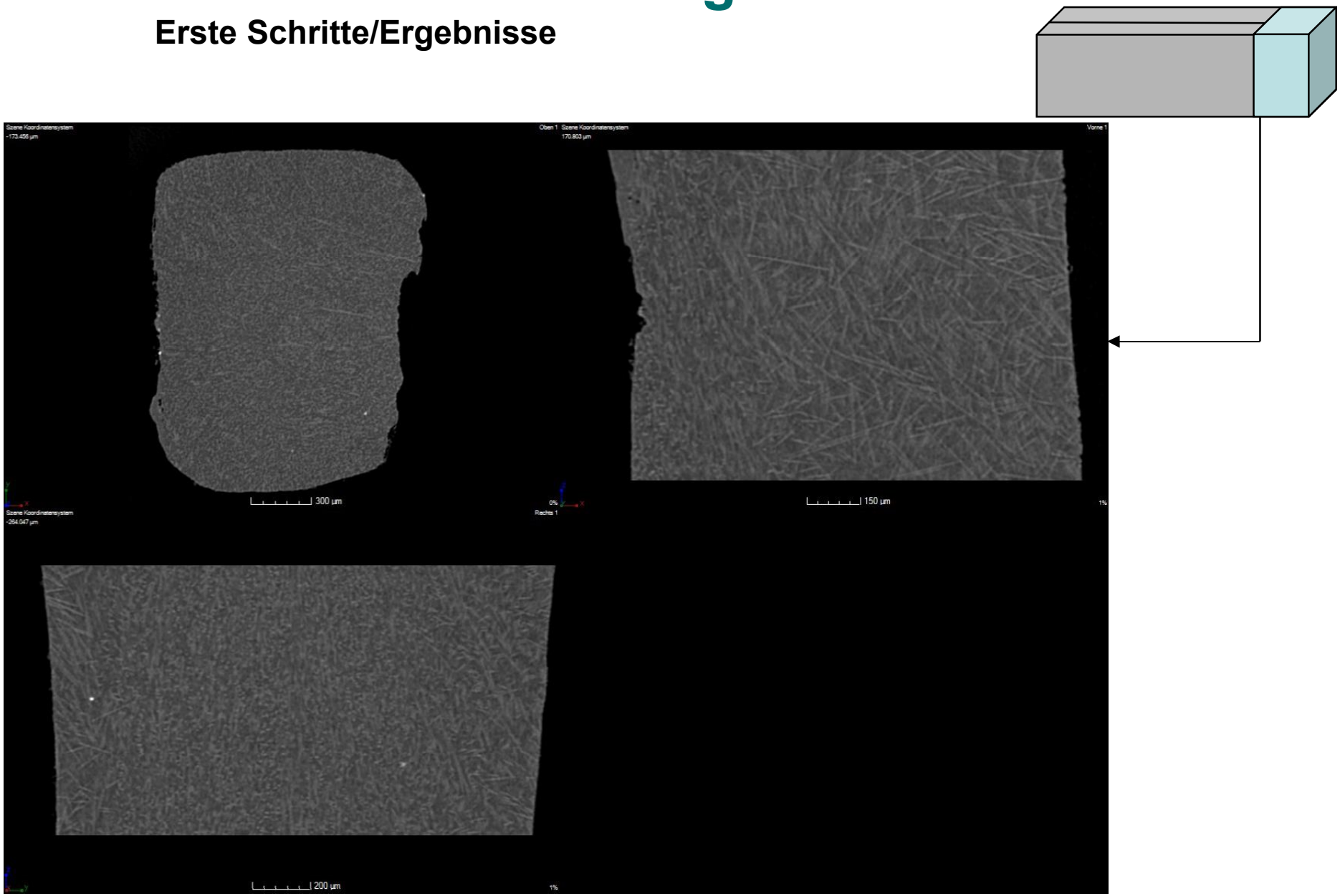
- Probengröße 1x1x4mm
- Bindenahtbereich
- Montage auf einen Glasträger



Probenvolumen

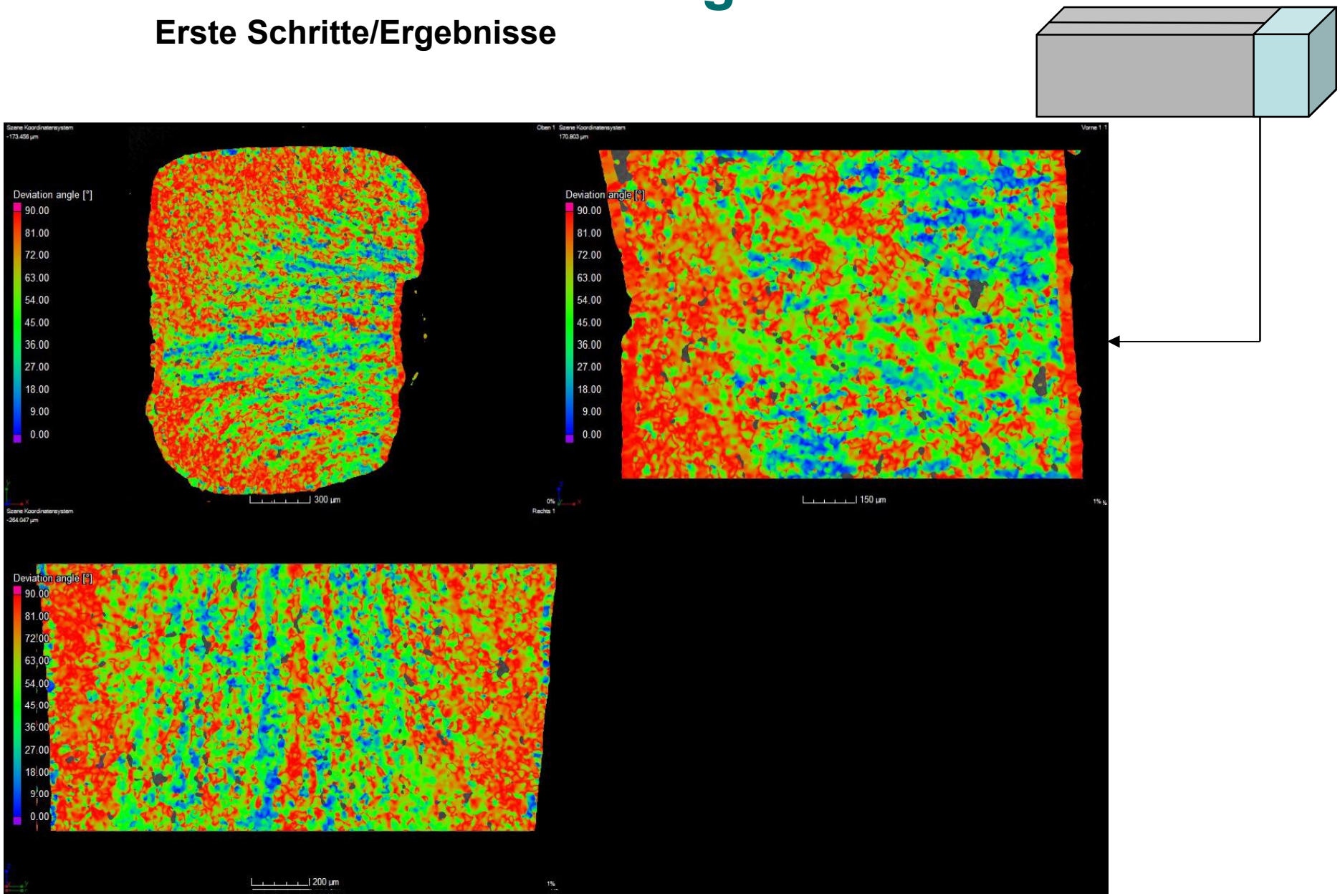
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse



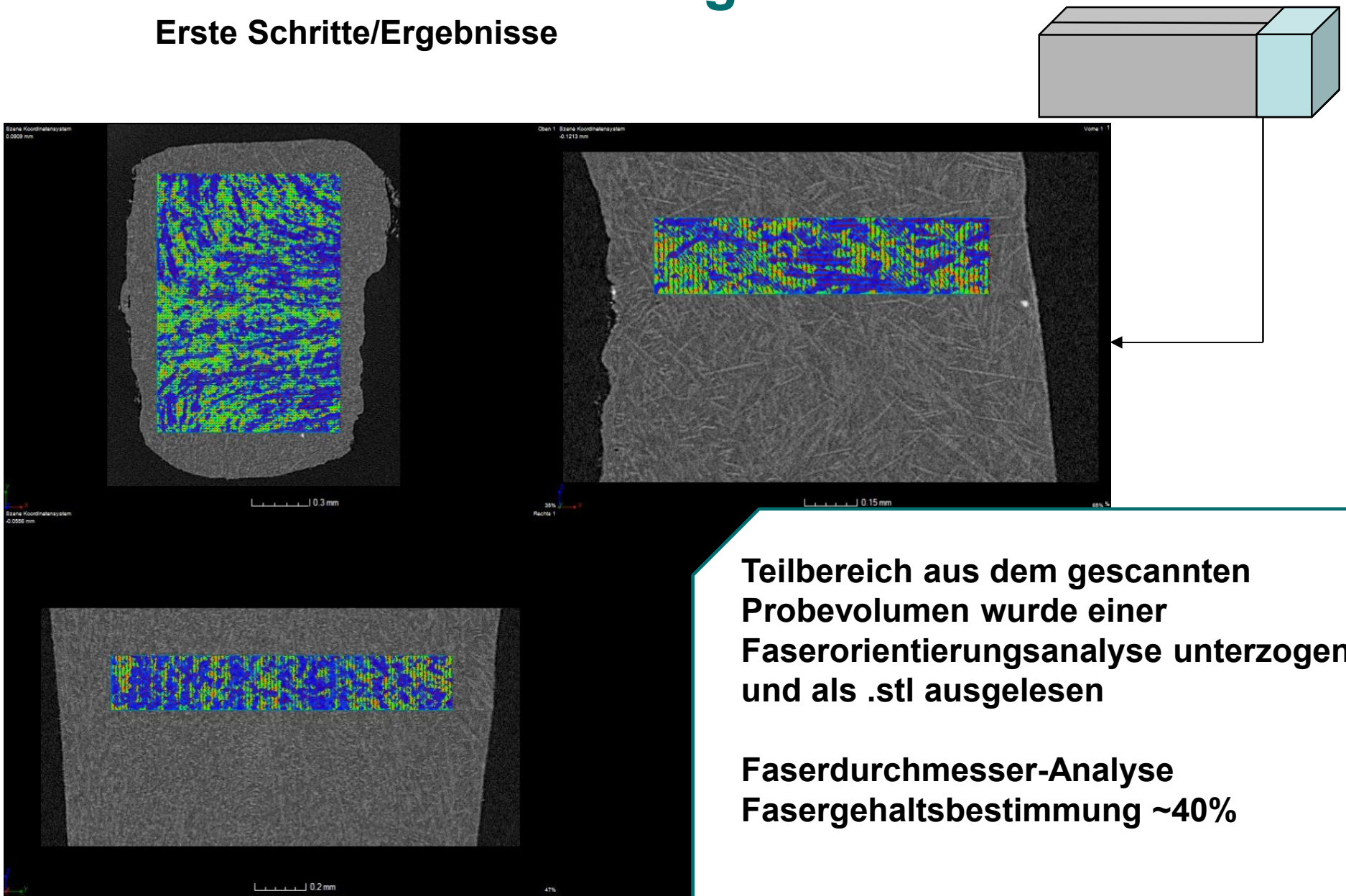
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse



Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse

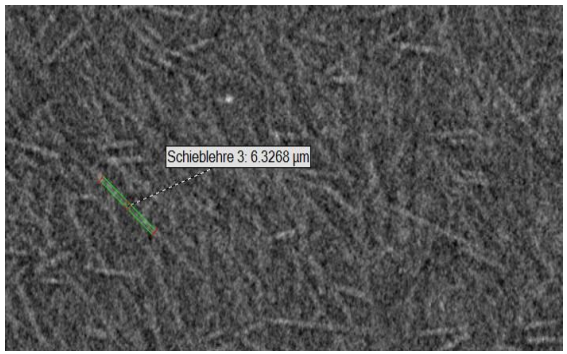


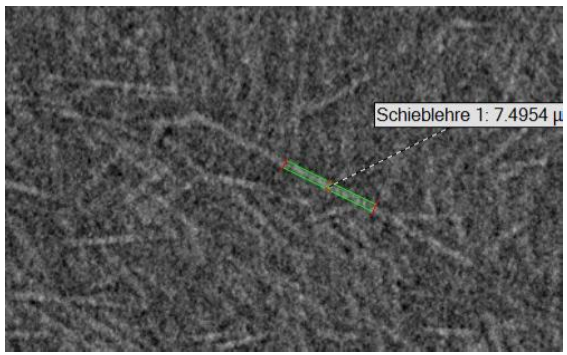
Teilbereich aus dem gescannten Probevolumen wurde einer Faserorientierungsanalyse unterzogen und als .stl ausgelesen

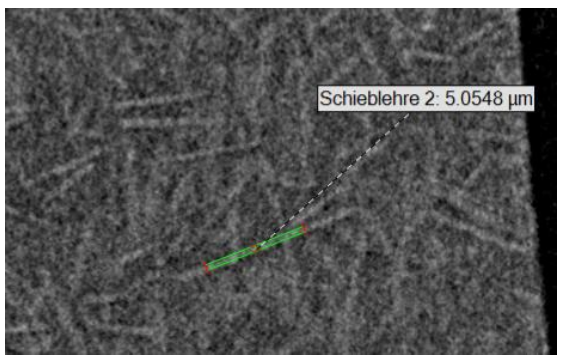
Faserdurchmesser-Analyse
Fasergehaltsbestimmung ~40%

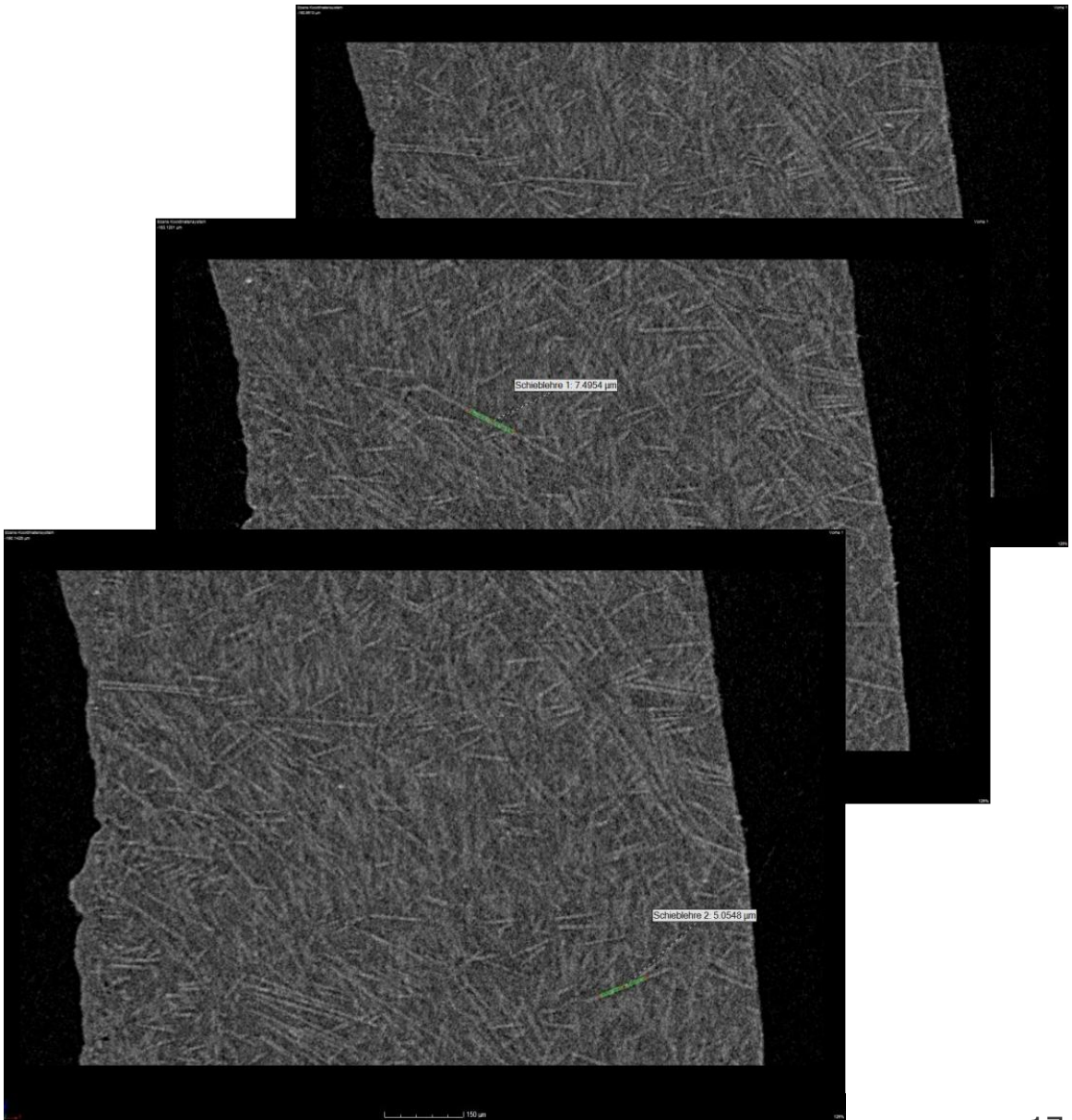
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse



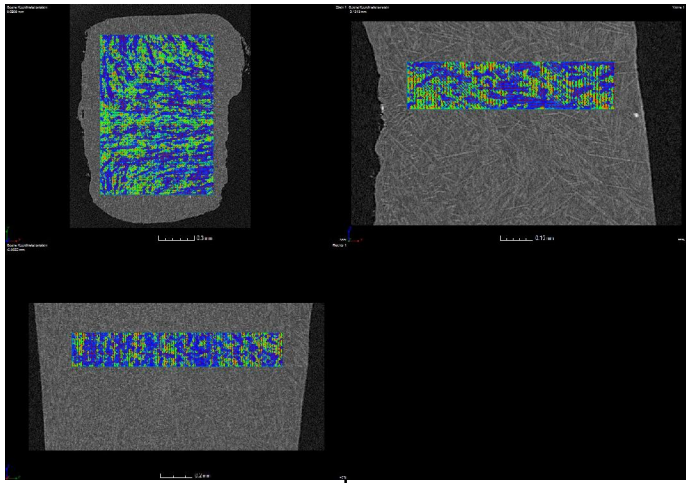


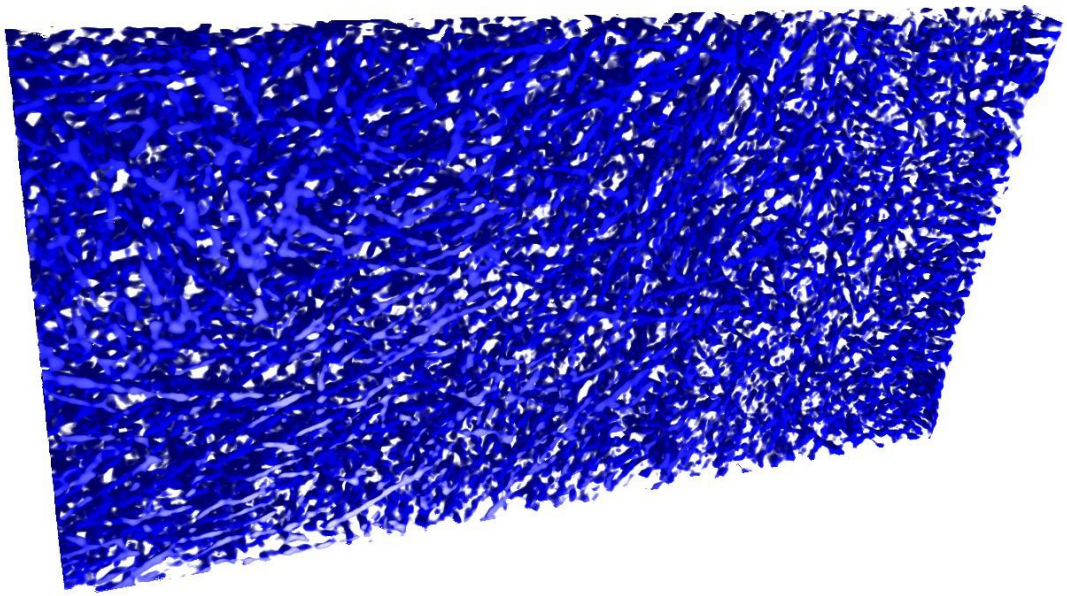




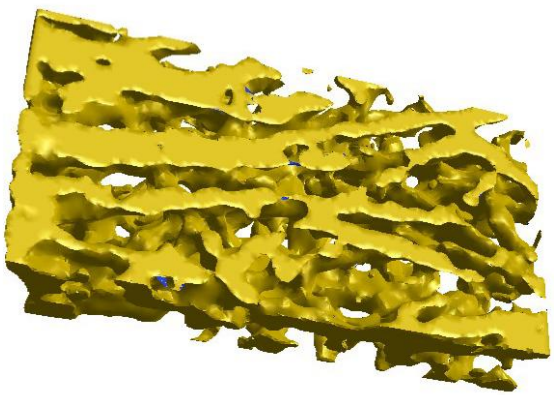
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse



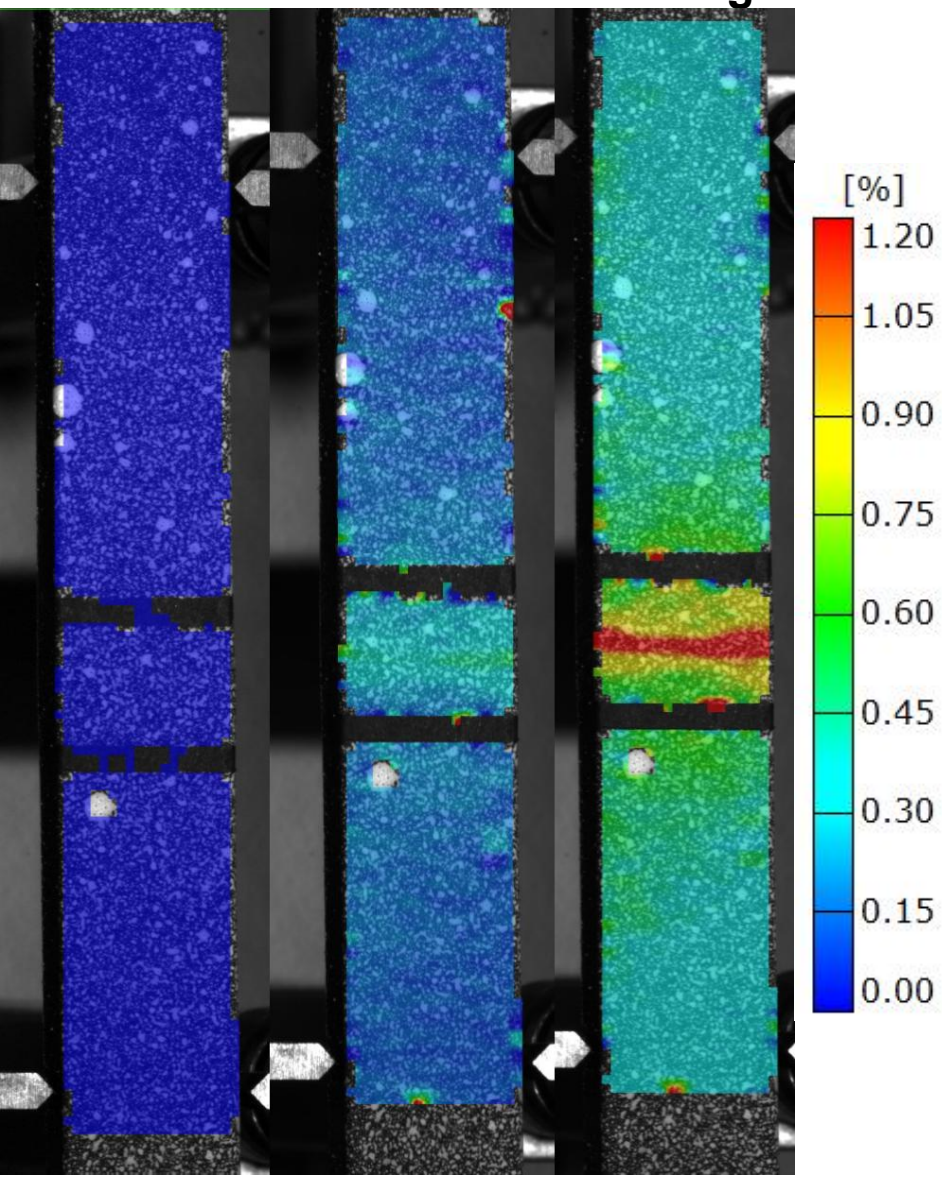


3D Faservolumen –
noch ausbauen



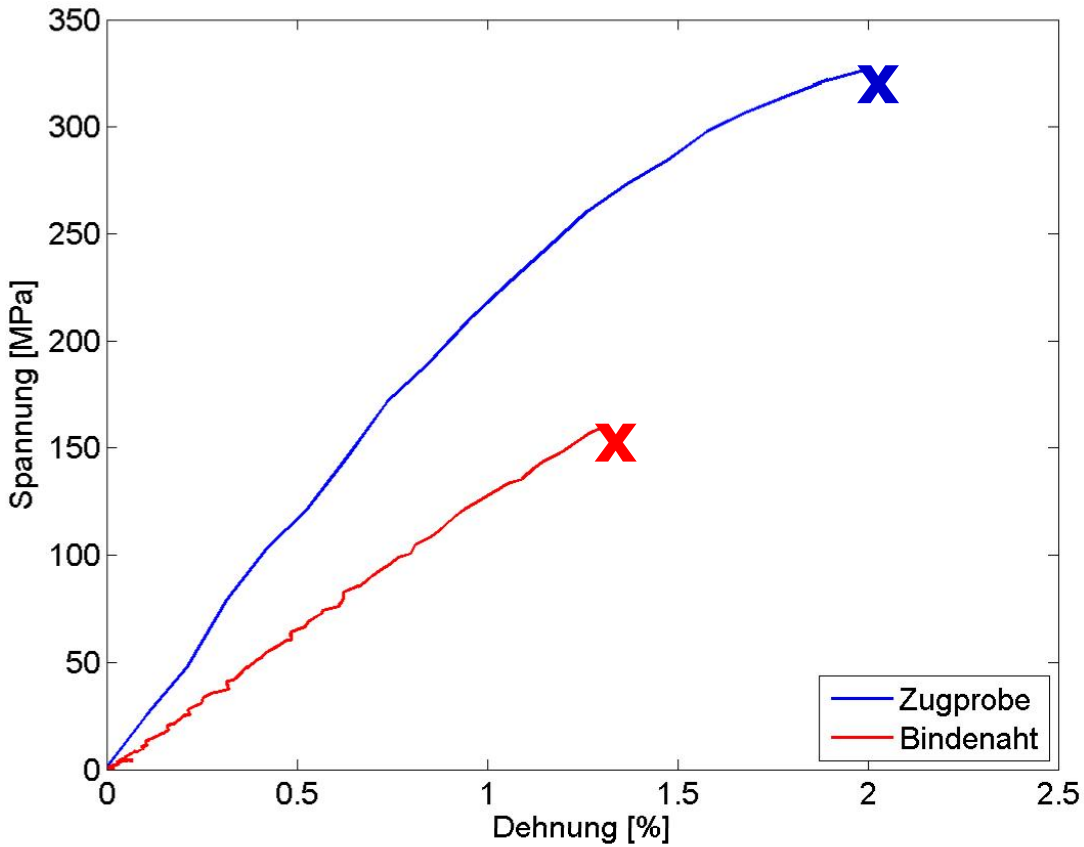
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse



Zugprüfstab mit Bindenaht

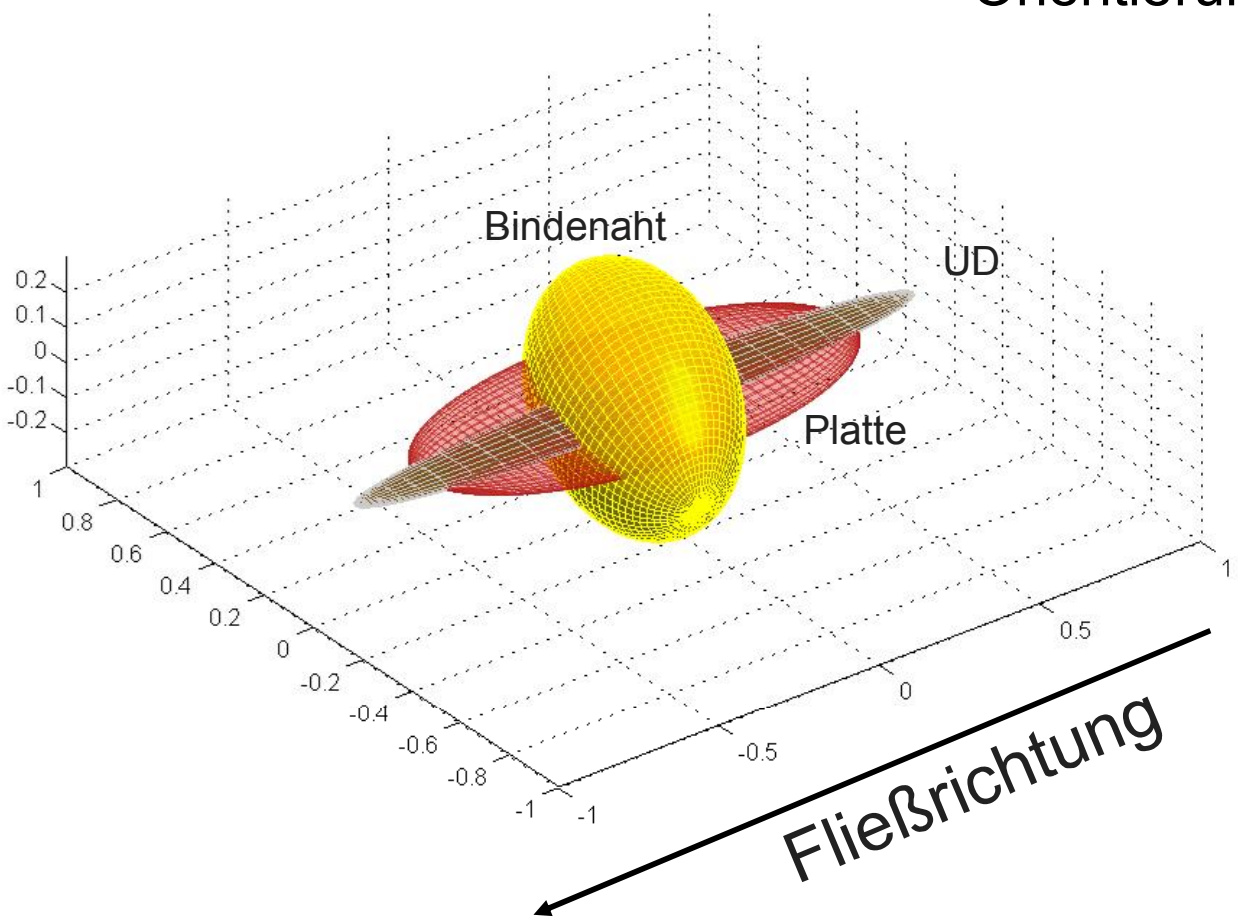
Mechanische Prüfung



Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse

Orientierungstensor 2. Stufe



Zugprüfstab mit Bindenaht

Orientierung in Ausschnitt der Bindenaht

Unidirektional (Zugprüfstab)

$$\begin{pmatrix} 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & 0 \\ 0 & 0 & 0.02 \end{pmatrix}$$

Platte

$$\begin{pmatrix} 0.66 & 0 & 0 \\ 0 & 0.32 & 0 \\ 0 & 0 & 0.02 \end{pmatrix}$$

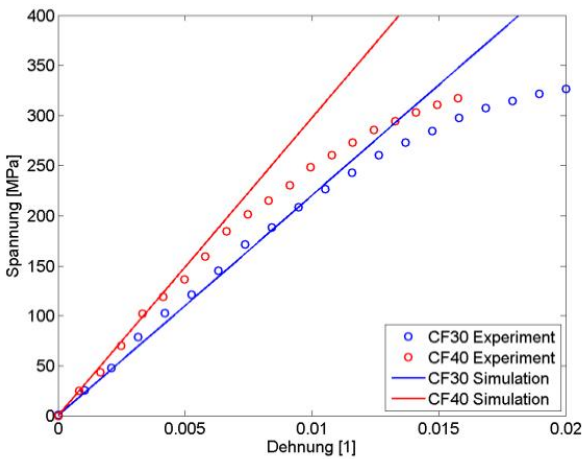
Ausschnitt aus Bindenaht

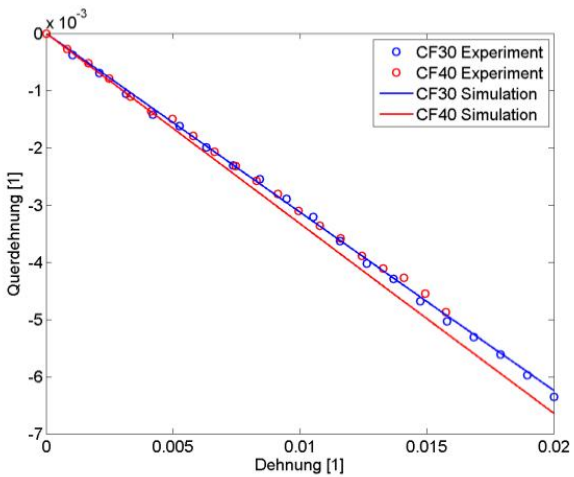
$$\begin{pmatrix} 0.26 & 0.084 & 0.042 \\ 0.084 & 0.48 & 0.0078 \\ 0.042 & 0.0078 & 0.25 \end{pmatrix}$$

Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse

Parameterbestimmung durch Anpassung an Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Fasergehalten





Zugprüfstab mit Bindenaht
Berechnung der elastischen Eigenschaften

Orientierung: $\begin{pmatrix} 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & 0 \\ 0 & 0 & 0.02 \end{pmatrix}$

Fasergeometrie: $L = 250\mu m \quad D = 10\mu m$

Matrix: linear elastisch, isotrop

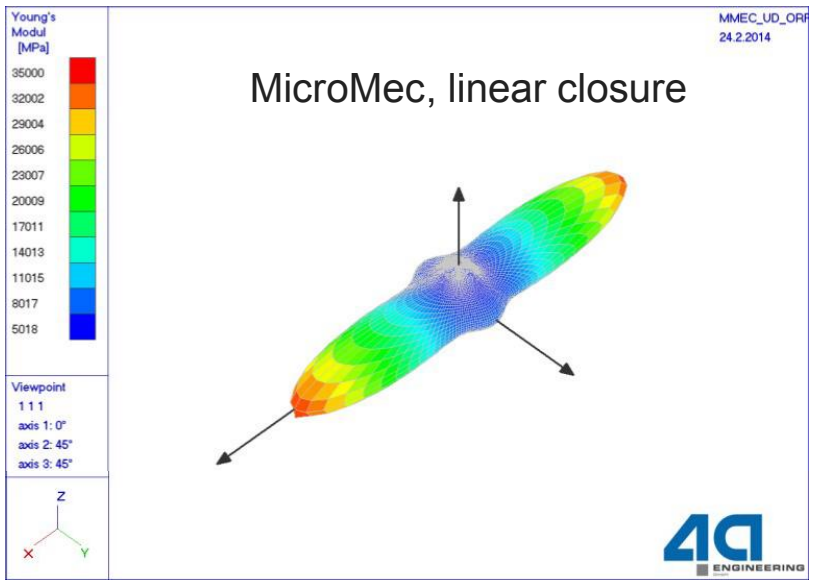
Faser: linear elastisch, transversal isotrop

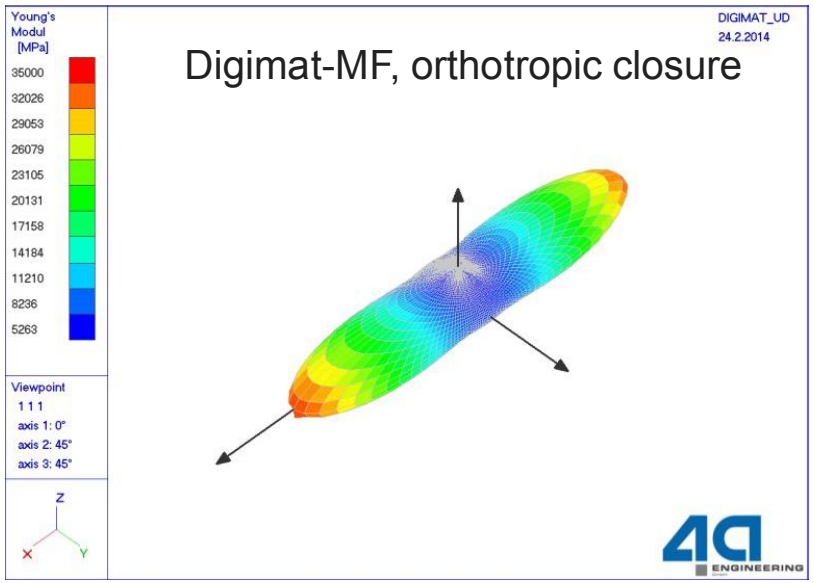
	Matrix	Faser
E_{11}	3410 MPa	115210 MPa
E_{22}		19270 MPa
ν_{21}	0.19	0.21
ν_{23}		0.21
G_{12}		12690 MPa

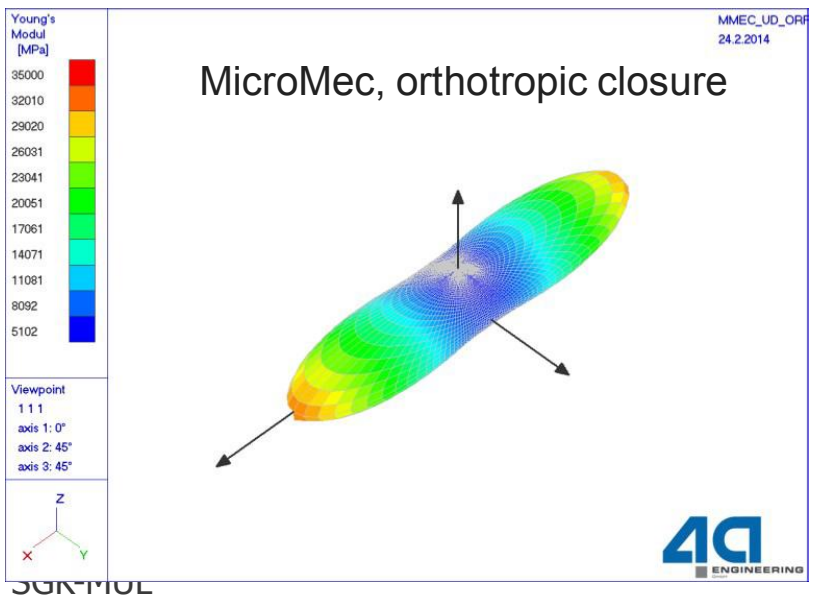
Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse

Berechnung der Compound-Eigenschaften für UD-Orientierung





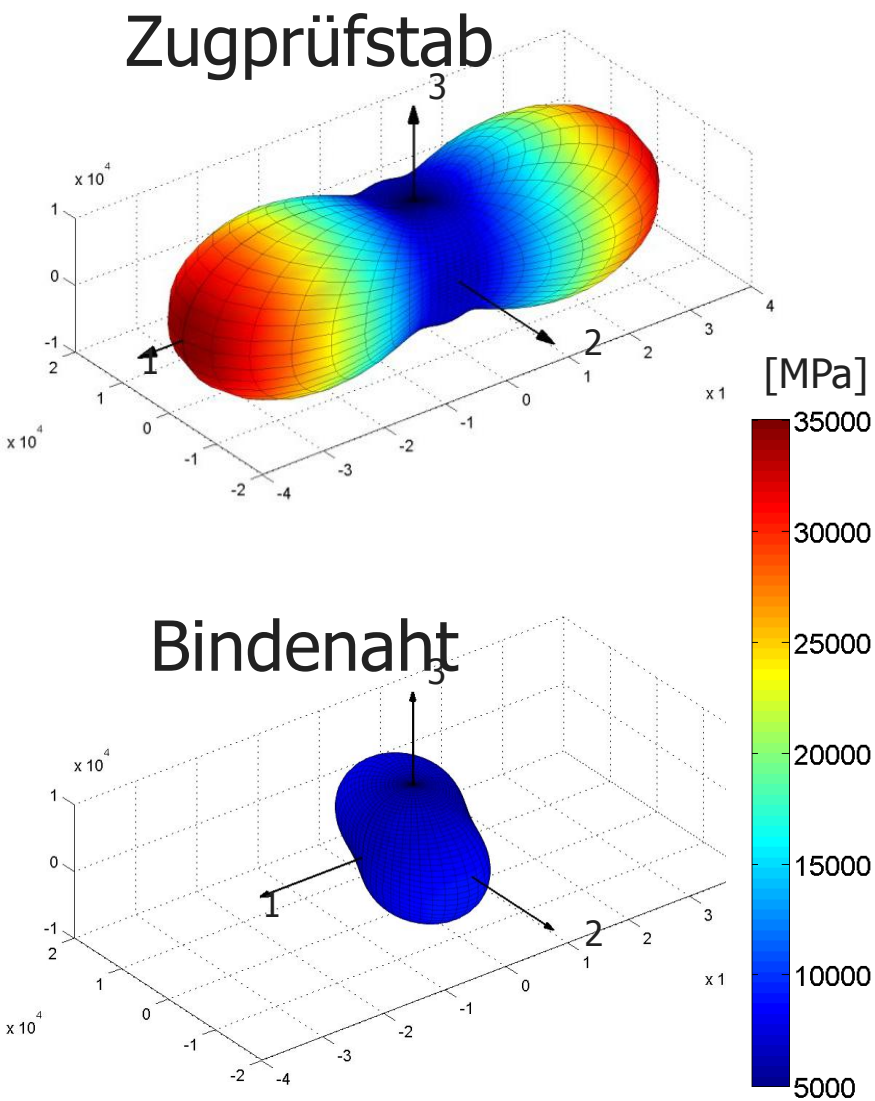


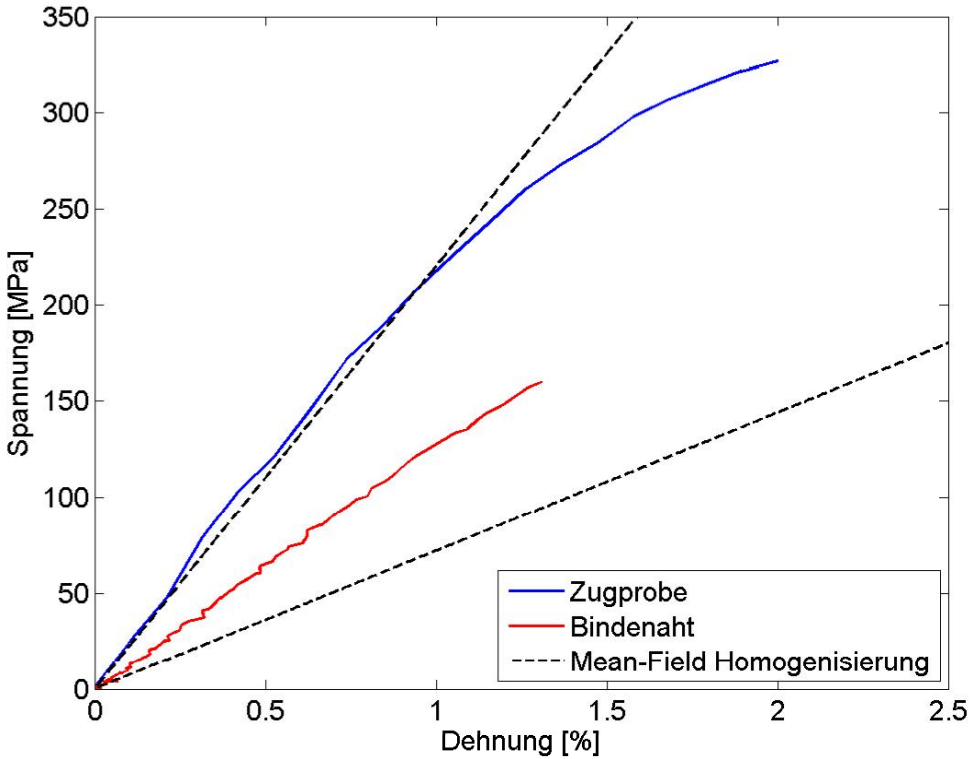
- **Ähnliche Ergebnisse**
  Digimat-MF mit orthotropic closure zwischen MicroMec linear und orthotropic closure

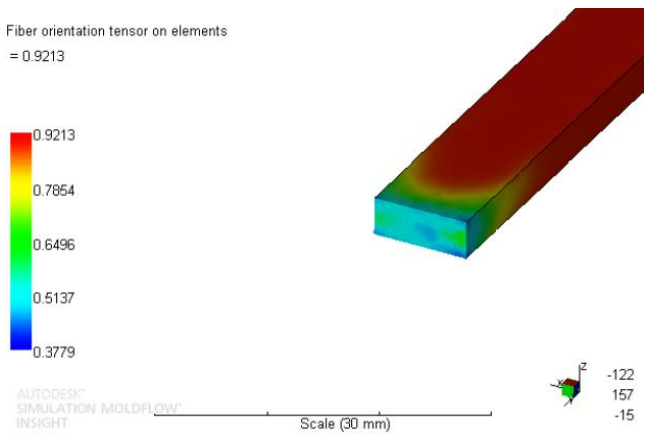
- **Höchster Modul**: ca. 32000 MPa (MicroMec) – 33000 MPa (Digimat-MF)

Anwendung der CT-Analyse für die Materialmodellierung

Erste Schritte/Ergebnisse







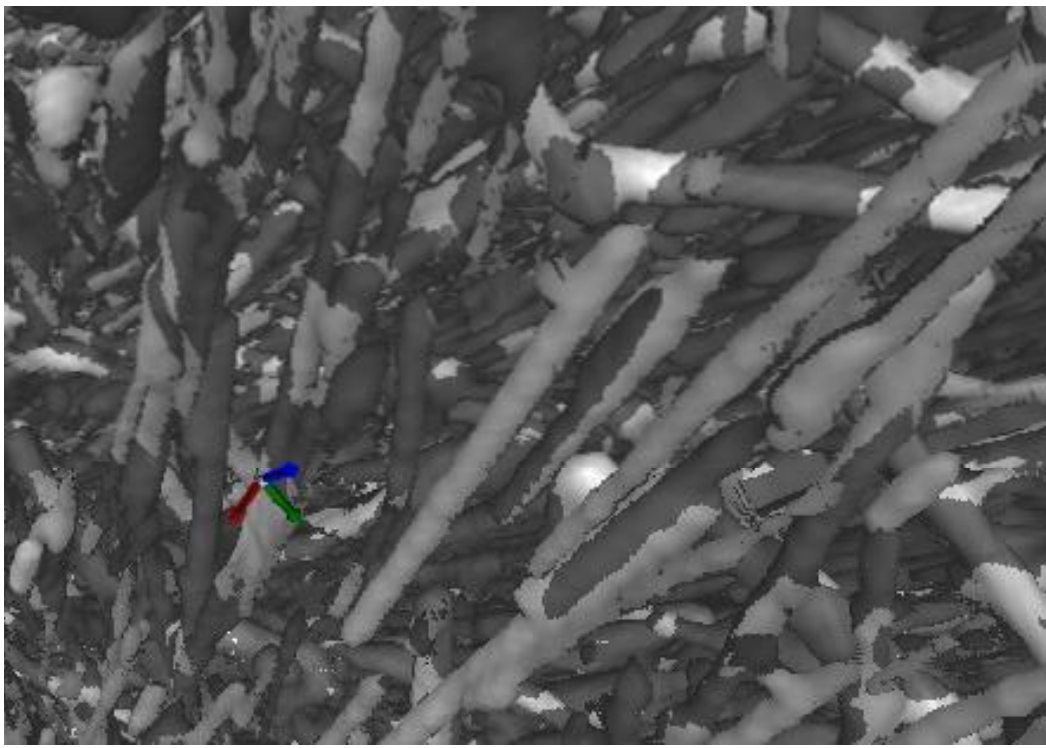
Zusammenfassung
Vertiefung

- FFG-Bridge-Projekt „**Spritzgießwerkzeug-Betriebsfestigkeit**“
- Kohlenstofffaserdetektion in einer Kunststoffmatrix
- Übernahme der Faserorientierung von der µCT in die Materialmodellierung
- Transfer der gemessenen Faserorientierung aus der Bindenaht in die Materialmodellierung

Zusammenfassung

Aussicht

- Transfer von gemessenen Faserlängen in die Materialmodellierung
- Optimiertere Faserdetektion
- Vergleich Spritzgießsimulation mit den Daten aus der Computertomographie



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

MAHLE

KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN
WERKSTOFFKUNDE UND PRÜFUNG DER KUNSTSTOFFE

KUNSTSTOFF TECHNIK LEOBEN
SPRITZGIESSEN VON KUNSTSTOFFEN

PCCL
Polymer Competence Center Leoben