

**Faculty of Mechanical Engineering  
Chair of Materials Test Engineering**

Prof. Dr.-Ing. Frank Walther

***Neue Erkenntnisse zum Versagensverhalten  
naturfaserverstärkter Kunststoffe mit  
maßgeschneiderten Testmethoden***

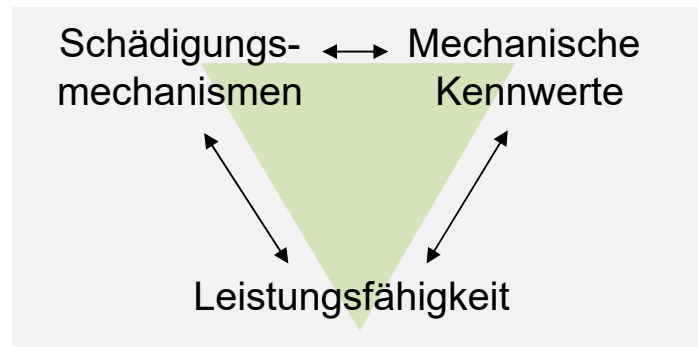
R. Helwing, R. Scholz, F. Walther

Chair of Materials Test Engineering (WPT), TU Dortmund University

# 1. Projekt Motivation



Quasistatische Versuche



Stakeholder Workshop



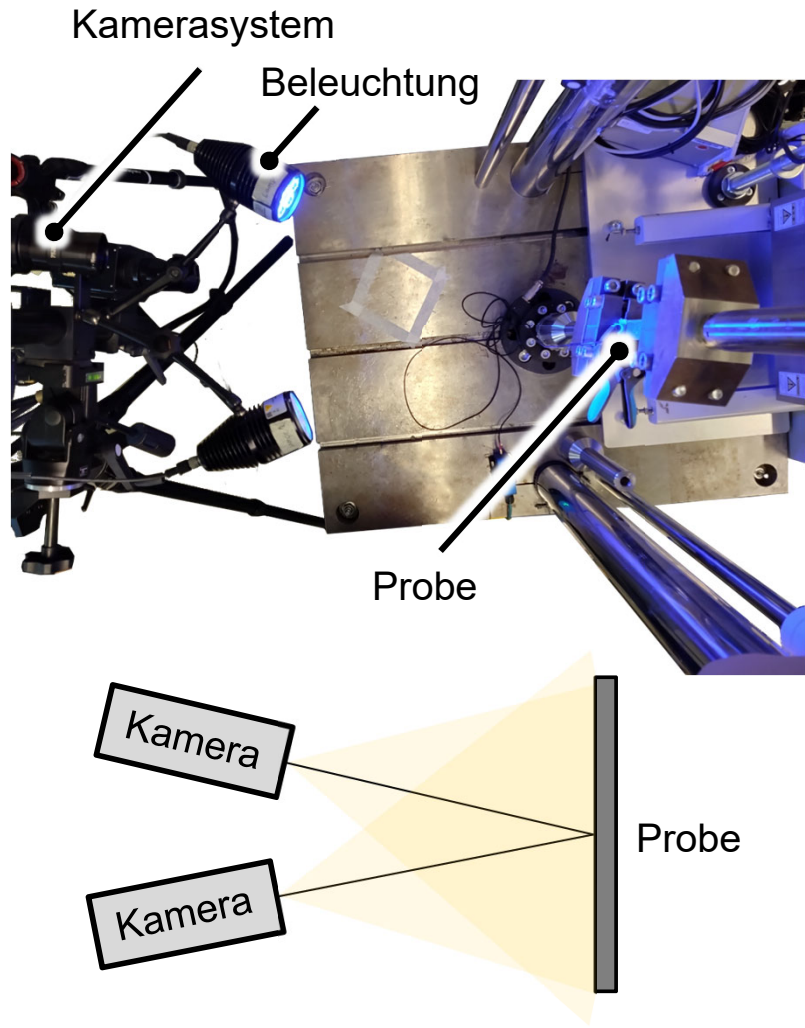
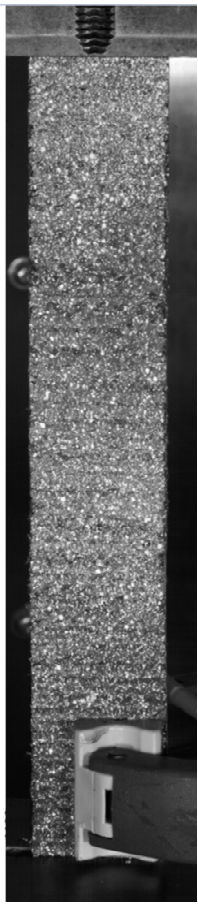
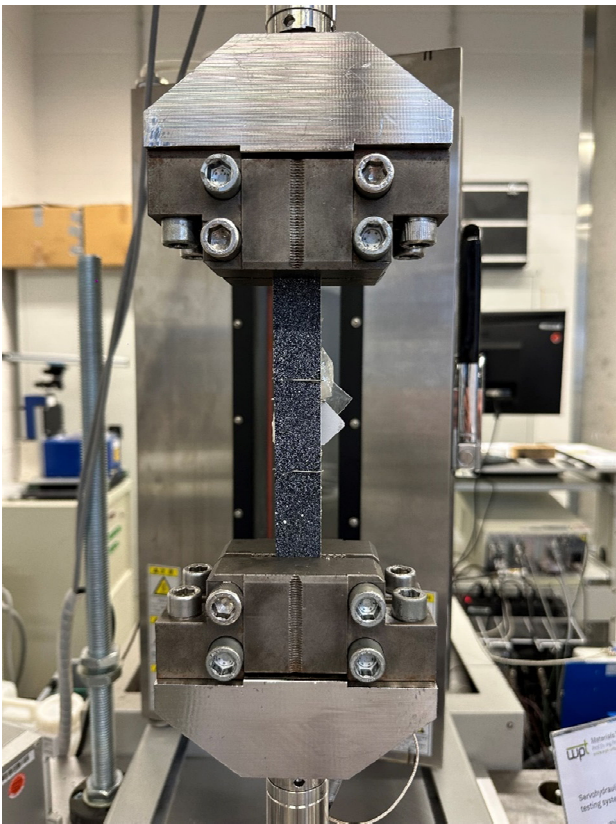
Dynamische Versuche

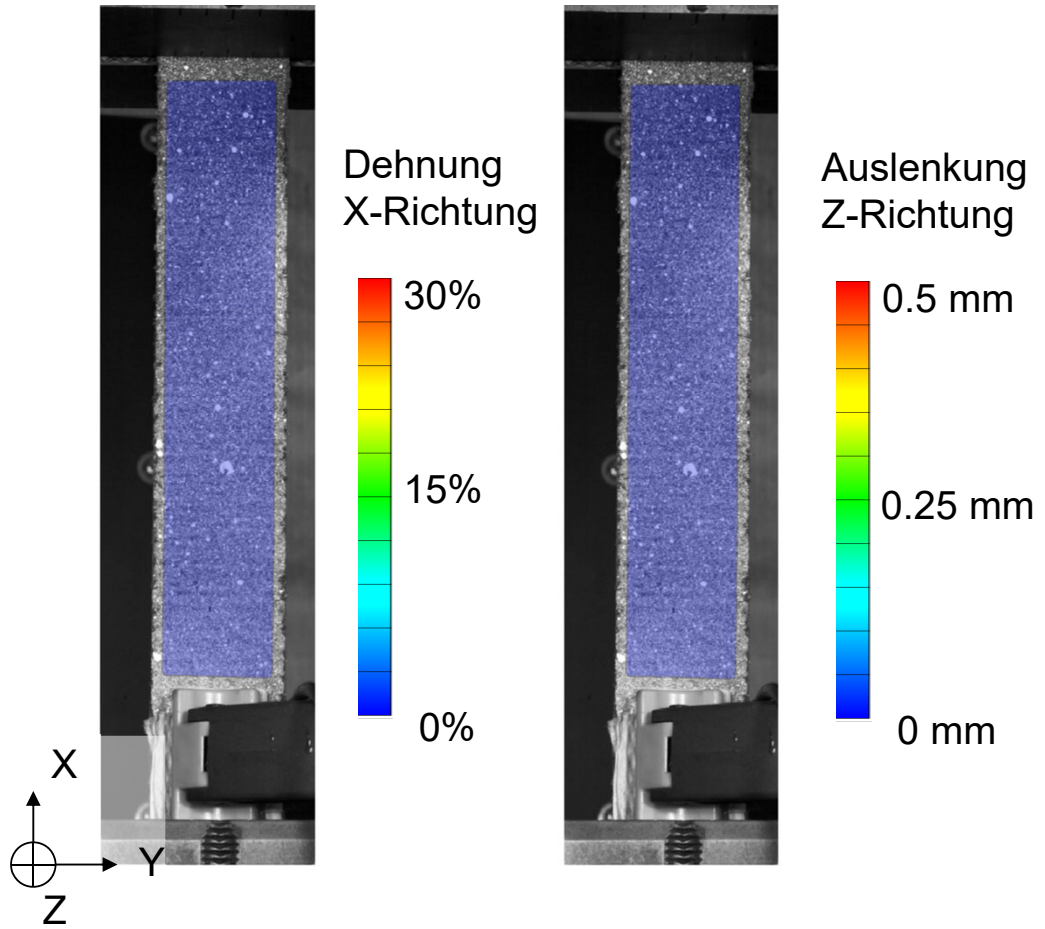


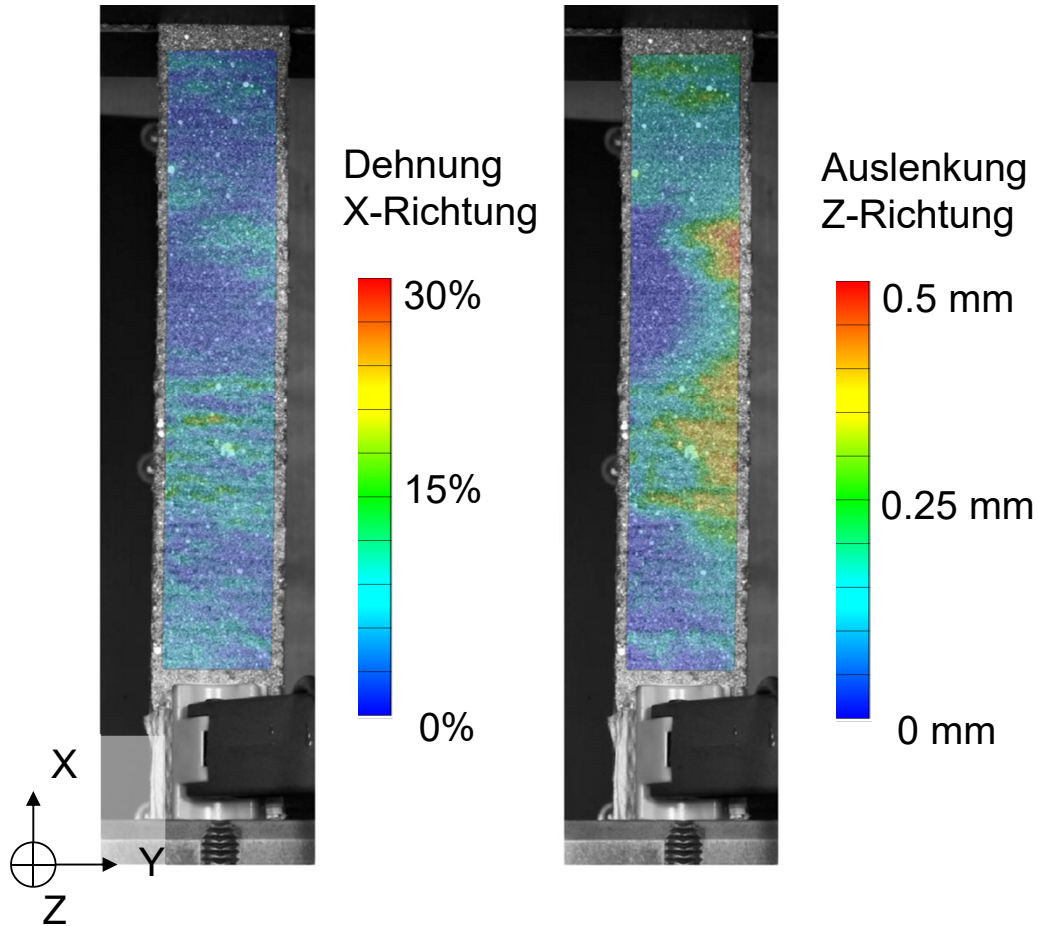
- 1 Quasistatische Versuche
- 2 Dynamische Mehrstufenversuche
- 3 Schädigungsmechanismen
- 4 Ergebnisse der Mehrstufenversuche



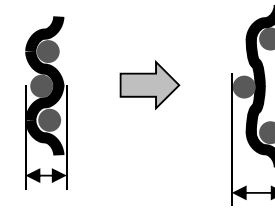
# 1. Quasistatische Versuche DIC-Untersuchungen







### Dehnungslokalisierung in X-Richtung



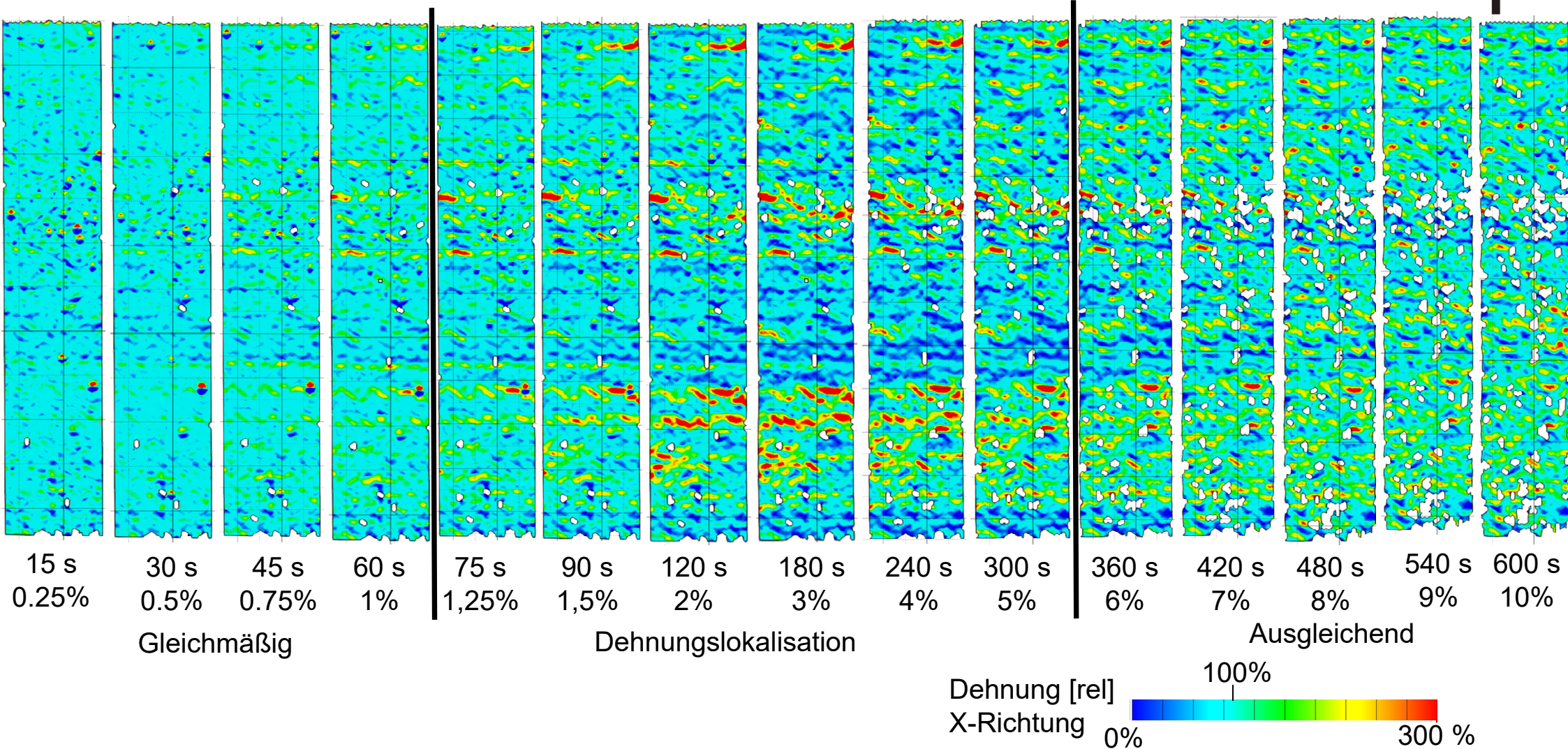
Rückgang der  
Ondulation an  
lokalen Stellen

- Faser-Matrix-Enthaftung
- Lokale Dickenveränderung der Proben

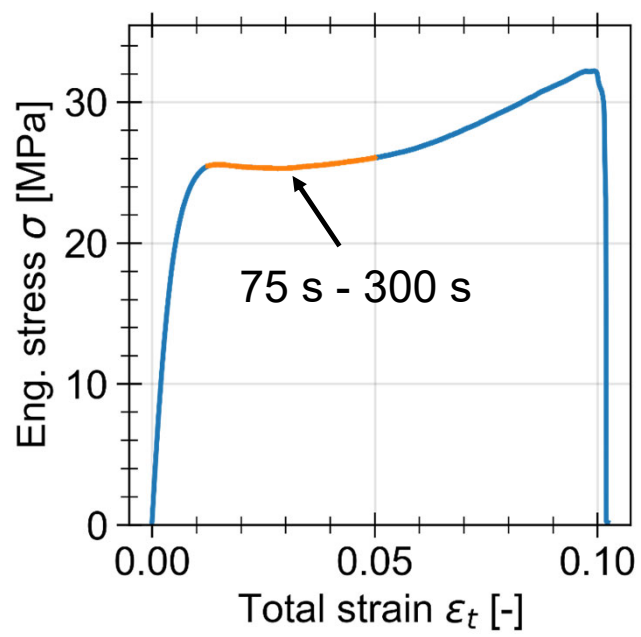
### Versagen an Punkten mit geringen Dehnungen

- Dehnungslokalisierung kein Indikator für Versagen
- Rückgang der Ondulation führt nicht zum finalen Probenversagen

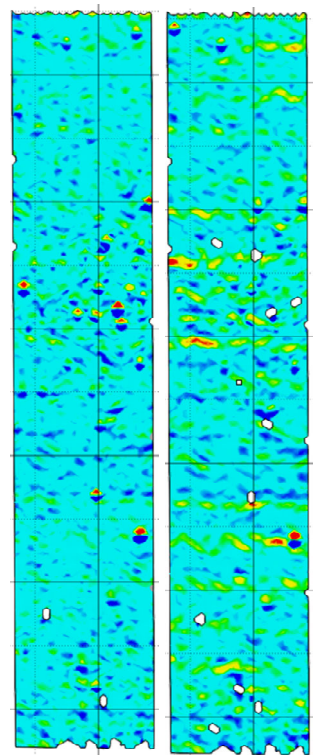
# 1. Quasistatische Versuche Dehnungslokalisierung



1. Quasistatische Versuche  
Dehnungslokalisation

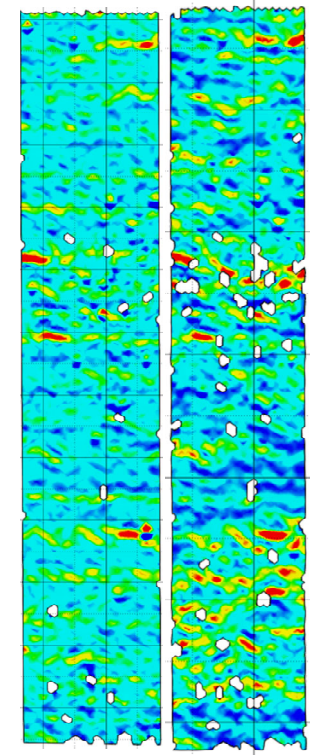


Legende: Skaliert nach aufgebrachtter Dehnung



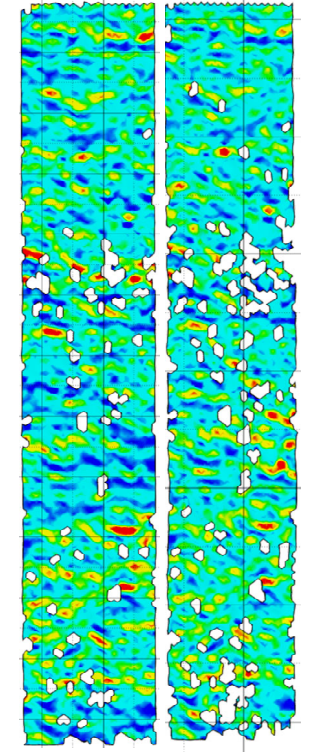
15 s    60 s  
0.75%    3%

Gleichmäßig



75 s    300 s  
3,75%    15%

Dehnungslokalisation



360 s    600 s  
18%    30%

Ausgleichend

Schädigungsevolution über die  
Probenlänge variant



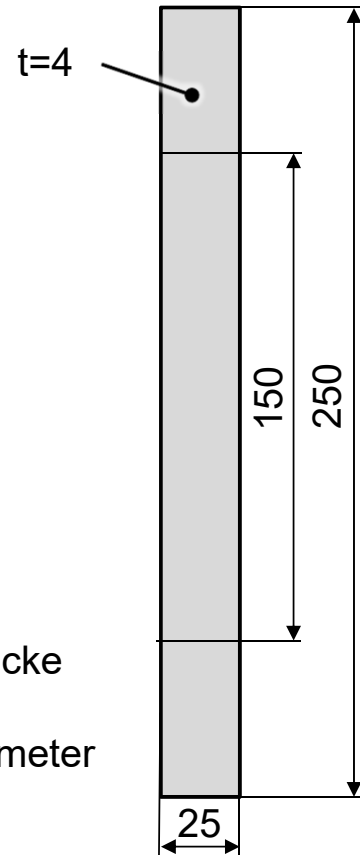
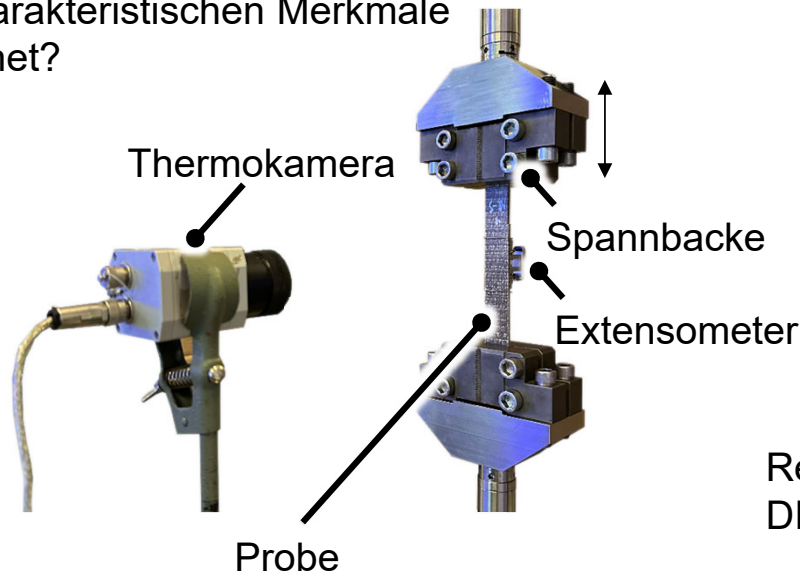
## 2. Dynamische Mehrstufenversuche Versuchsstand

### Konsequenzen für die Versuche

- Große Proben um Variation der Probenplatten auszugleichen
- Reduktion der Versuchszeiten durch stufenweise anheben der Prüfbelastung

### Fragestellungen

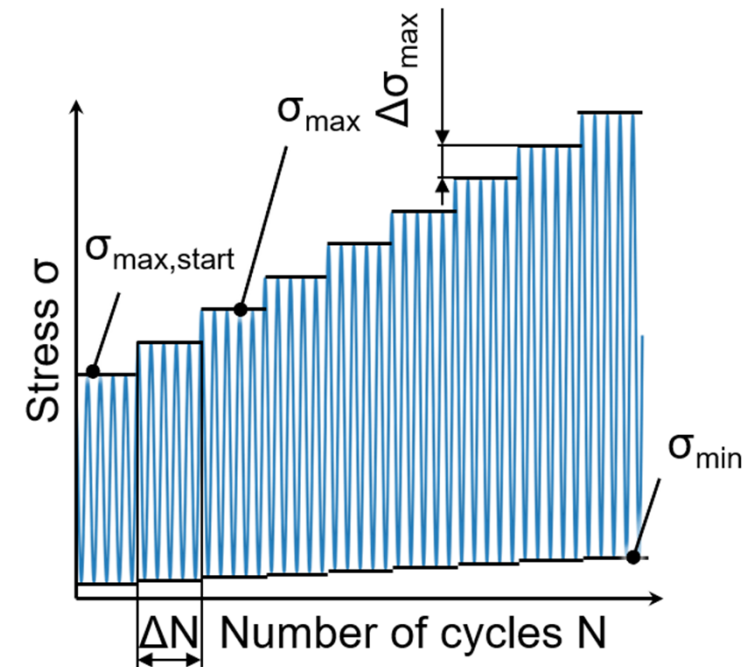
- Wie kann die lokale Varianz mit berücksichtigt werden?
- Welche charakteristischen Merkmale sind geeignet?



Rechteckprobe,  
DIN ISO 527-4 Typ 2

### Mehrstufenversuch

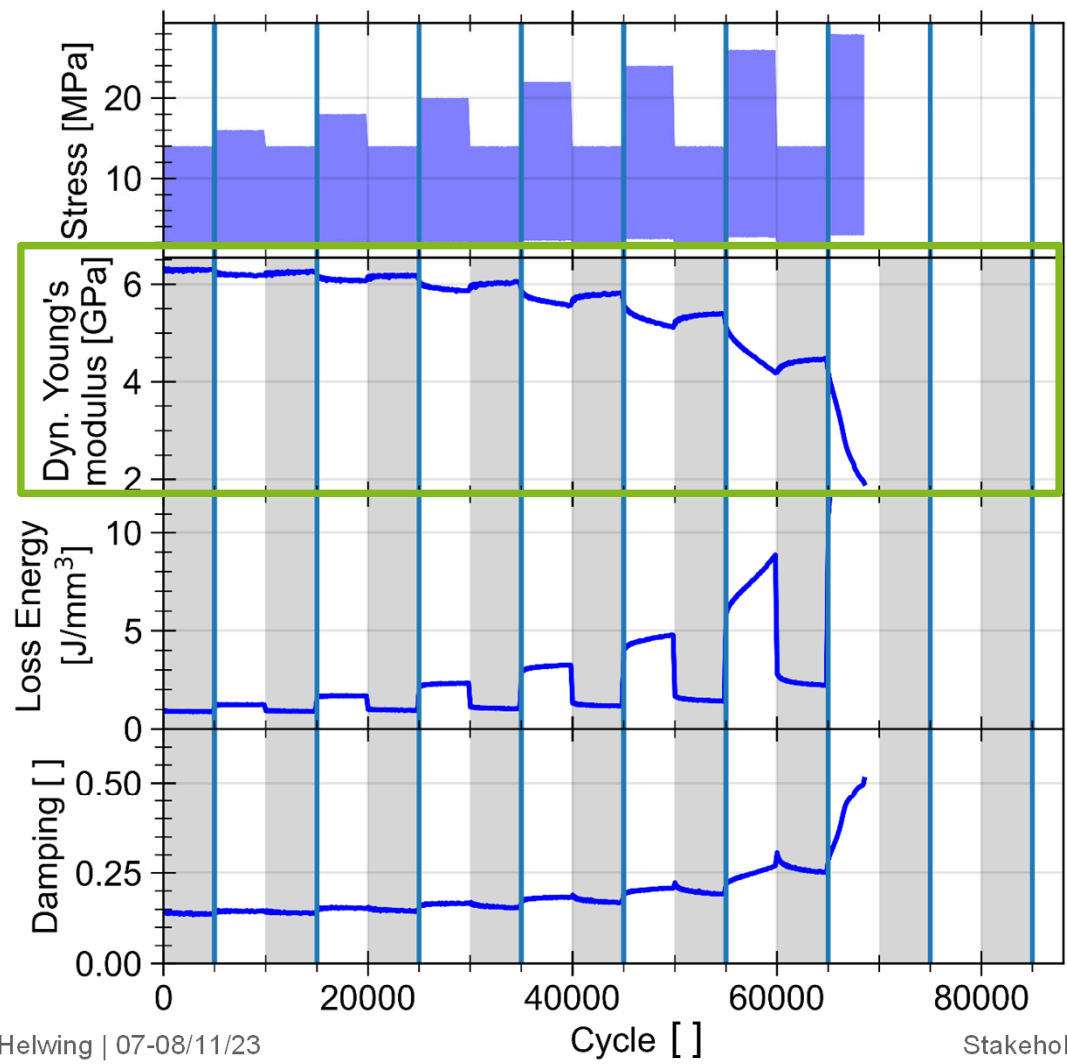
R	= 0,1
f	= 5 Hz
$\sigma_{\max, \text{start}}$	= 14 MPa
$\Delta\sigma_{\max}$	= 2 MPa
$\Delta N$	= 5000



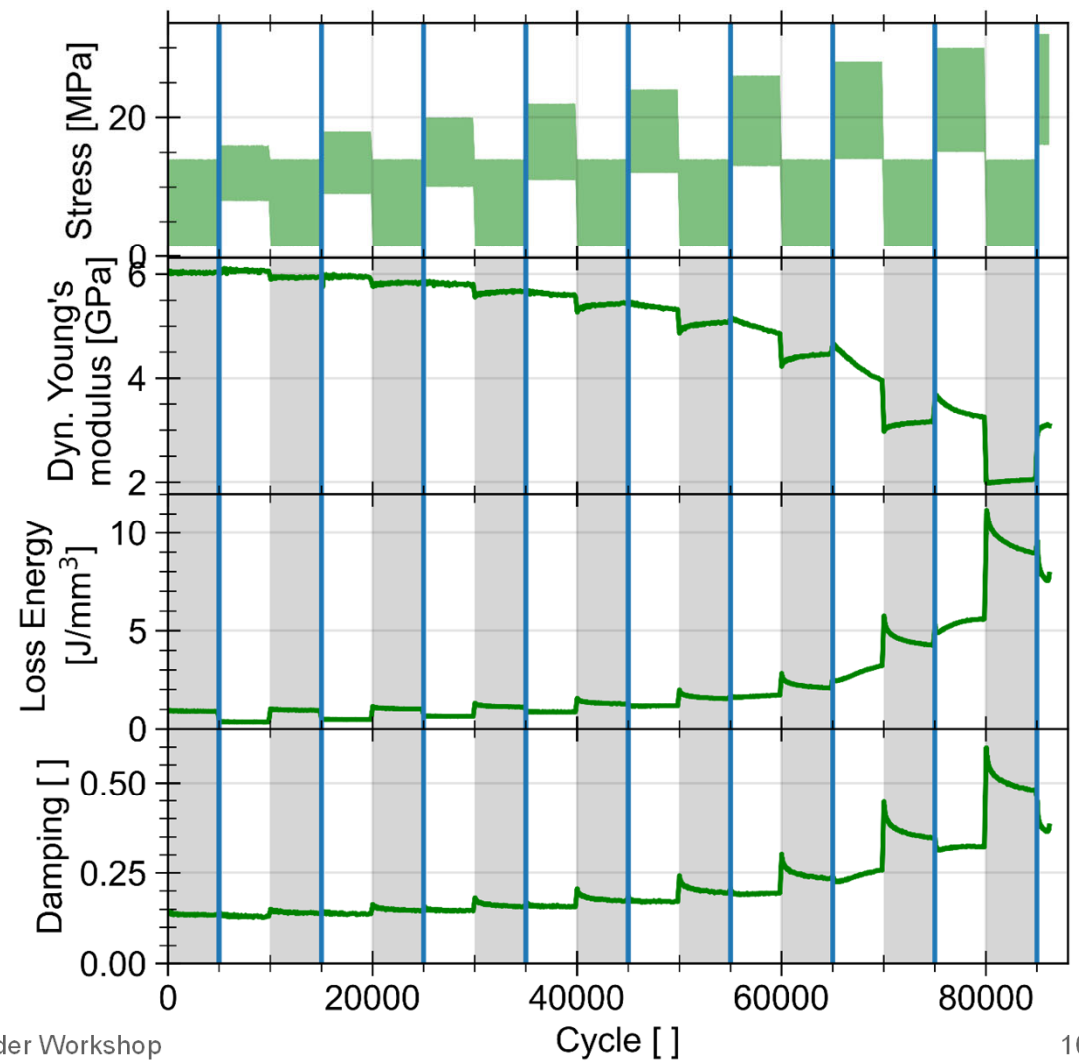
2. Dynamische Mehrstufenversuche  
Schädigungskennwerte



Spannungsverhältnis  $R = 0,1$



Spannungsverhältnis  $R = 0,5$

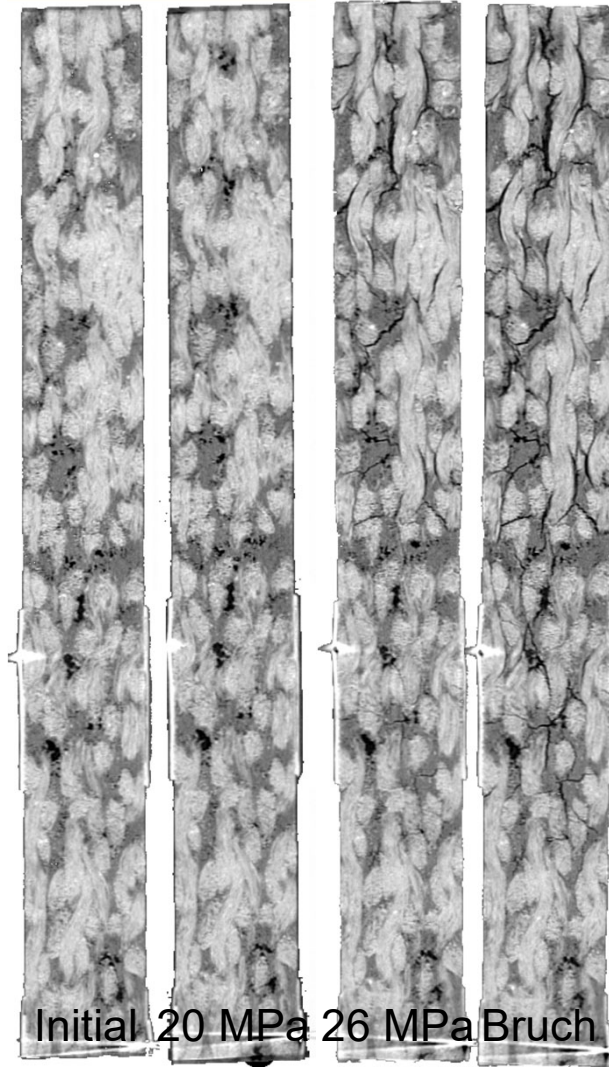
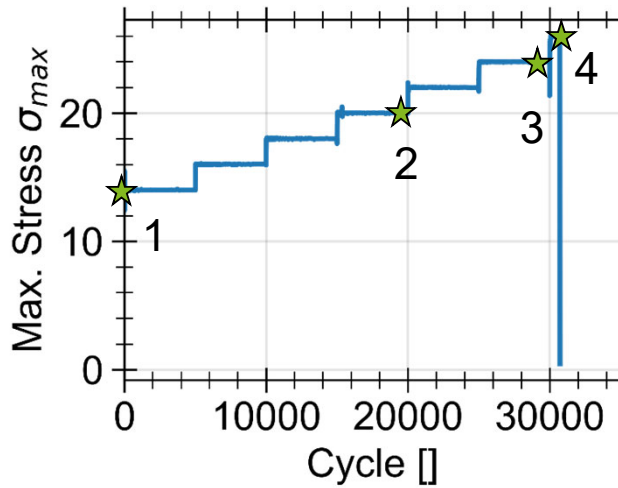


- 1 Statische Versuche
- 2 Dynamische Mehrstufenversuche
- 3 Schädigungsmechanismen**
- 4 Ergebnisse der Mehrstufenversuche



### 3. Schädigungsmechanismen

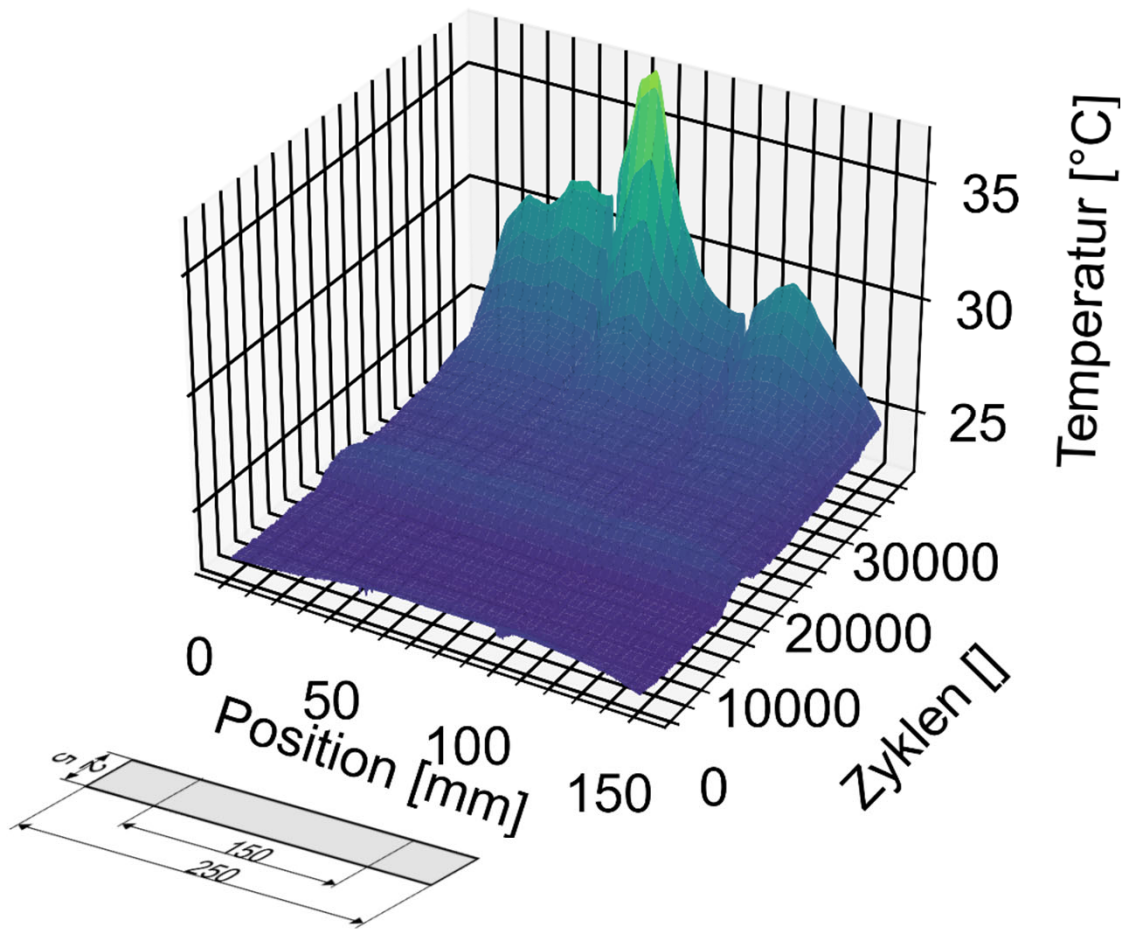
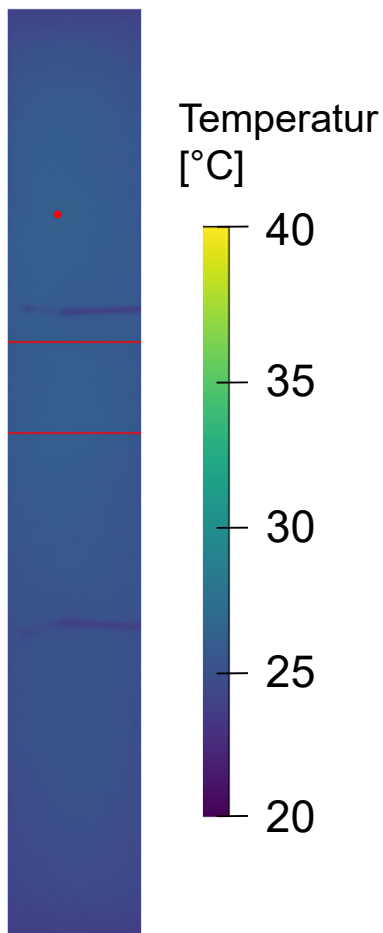
## Wirkende Schädigungsmechanismen



- Schädigungsmechanismen analog zum Zugversuch
- Regional Unterschiede in der Schädigungsentwicklung

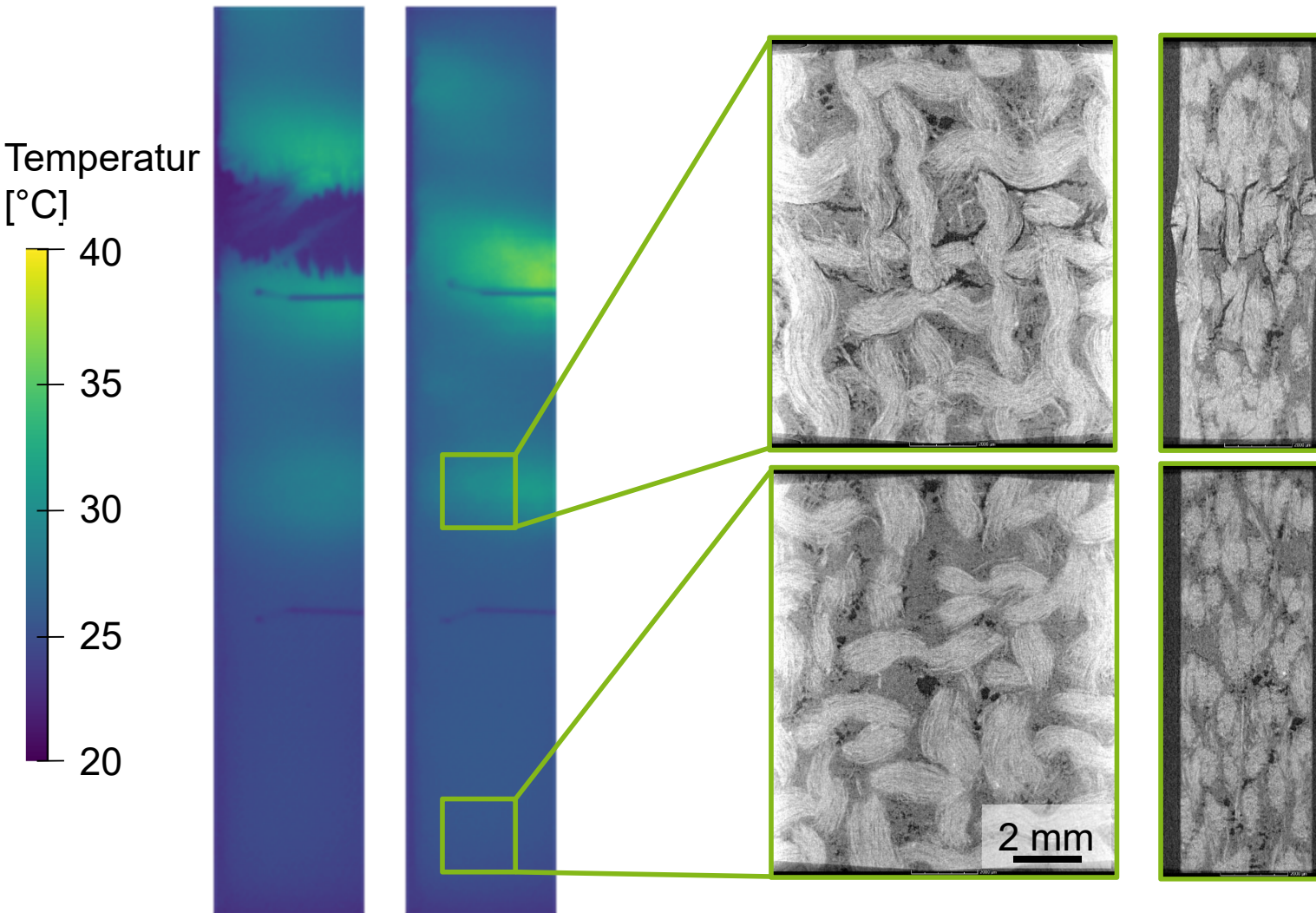
**Wie kann die Schädigungsentwicklung lokalisiert werden?**

### 3. Schädigungsmechanismen Lokalisierung der Schädigungsmechanismen



### 3. Schädigungsmechanismen

## Kritische Schädigungsmechanismen

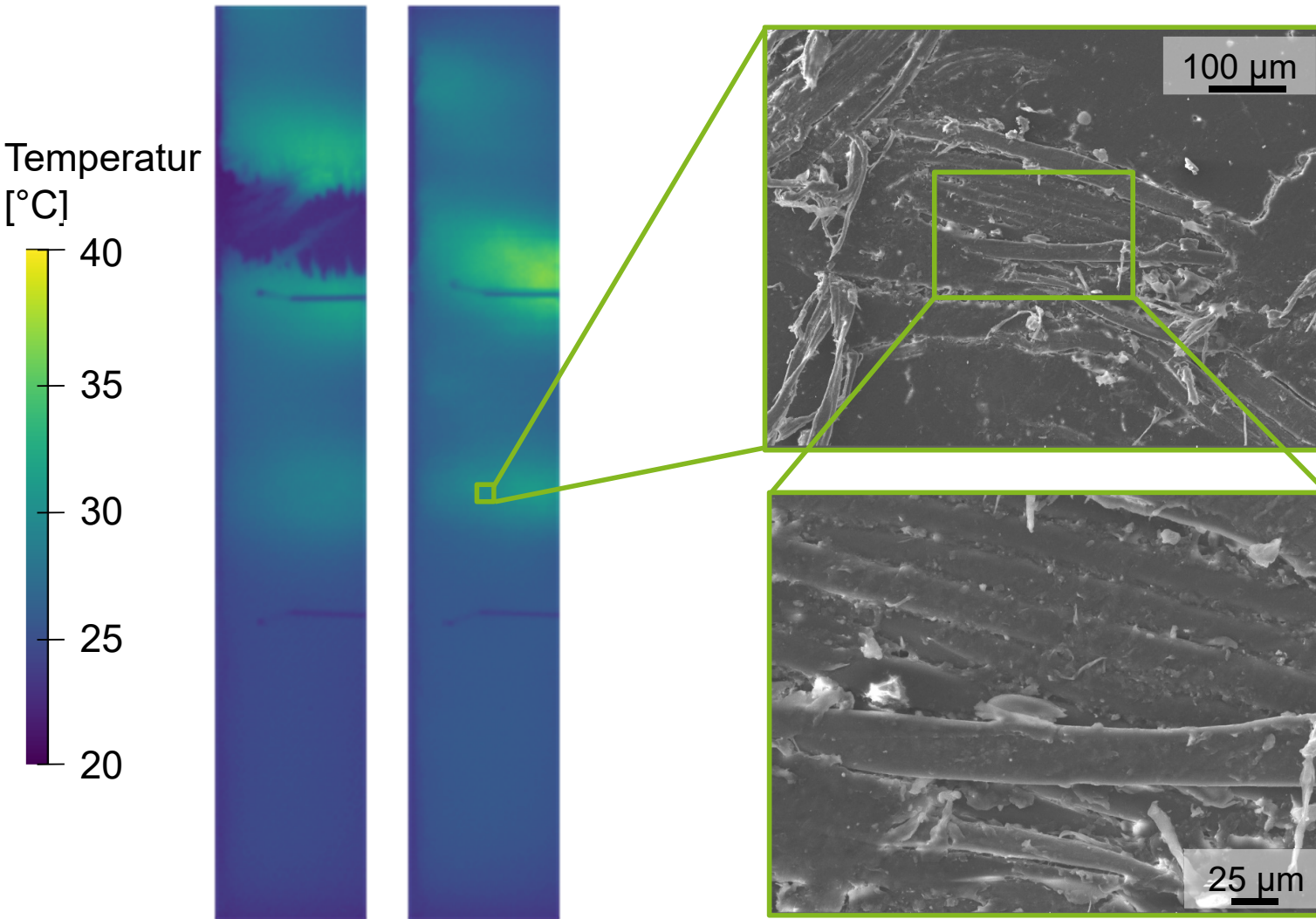


- Temperaturfeld fungiert als Schädigungsindikator
- Versagen der Faser-Matrix-Anbindung
- Breiter Querschnitt durch Rückbildung der Ondulation

**Regionsabhängige Ermüdungseigenschaften und Schädigungsentwicklung**

### 3. Schädigungsmechanismen

## Kritische Schädigungsmechanismen



- Fasern werden durch die Decklagen gedrückt
- Keine Matrixanhaftungen an Fasern

**Möglichkeit zur Wasseraufnahme durch freiliegende Fasern**

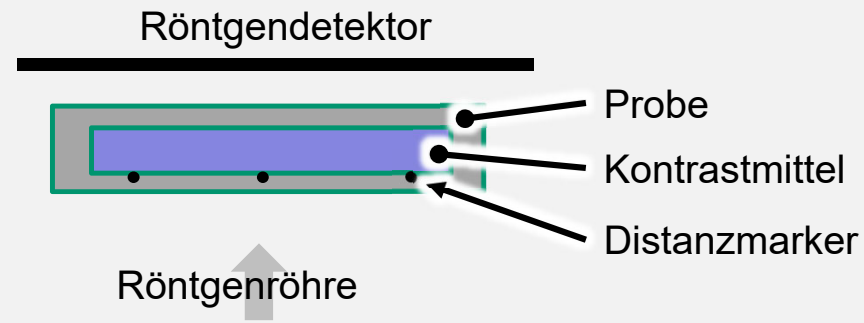
- 1 Statische Versuche
- 2 Dynamische Mehrstufenversuche
- 3 Schädigungsmechanismen
- 4 **Ergebnisse der Mehrstufenversuche**





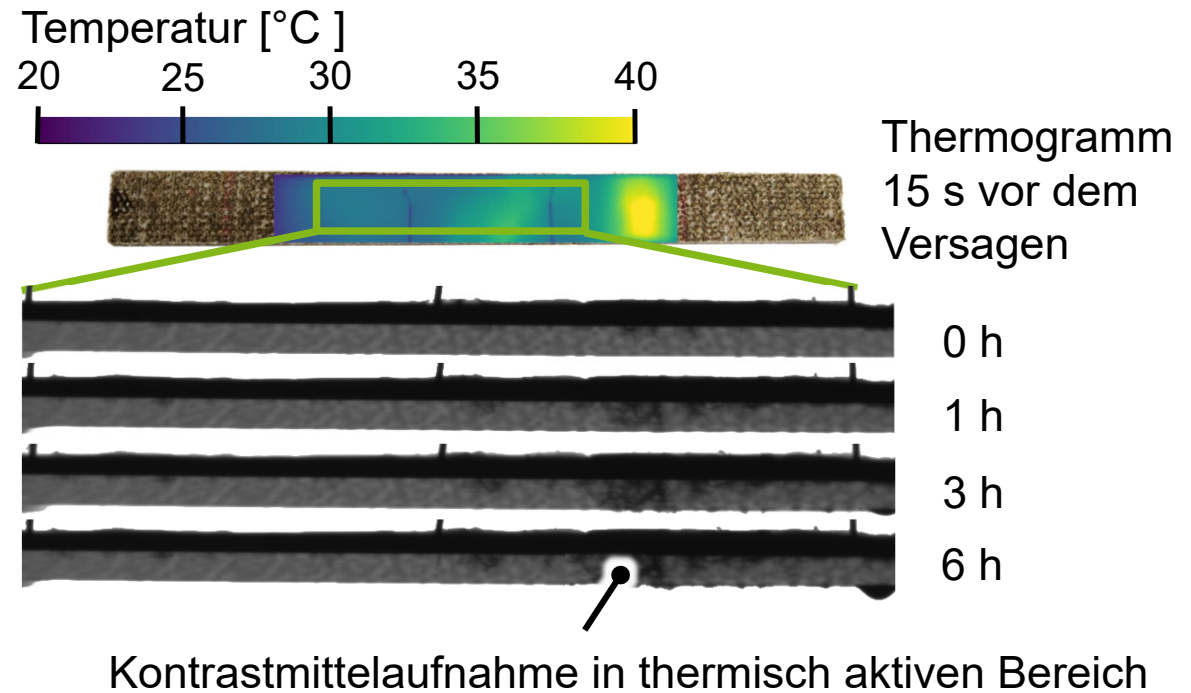
### 3. Ergebnisse der Mehrstufenversuchen Feuchtigkeitsaufnahme

#### Versuchsaufbau



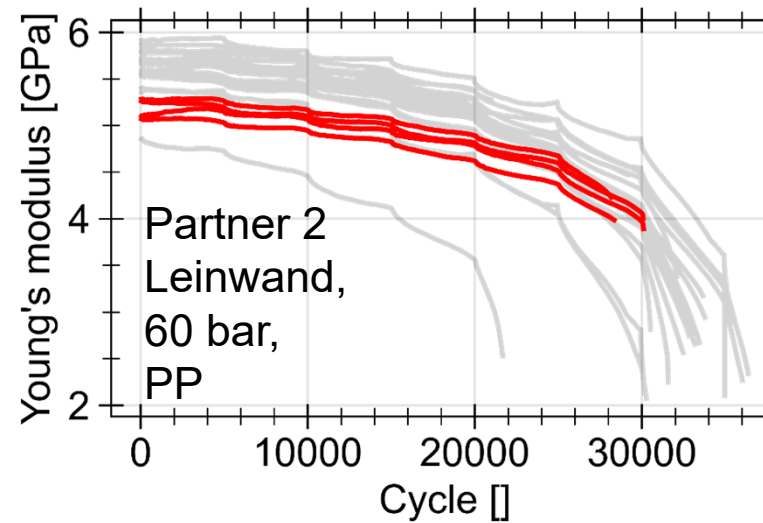
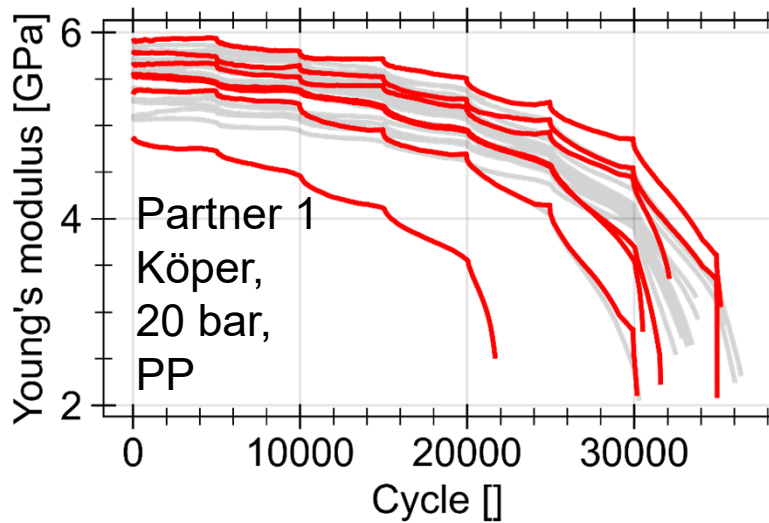
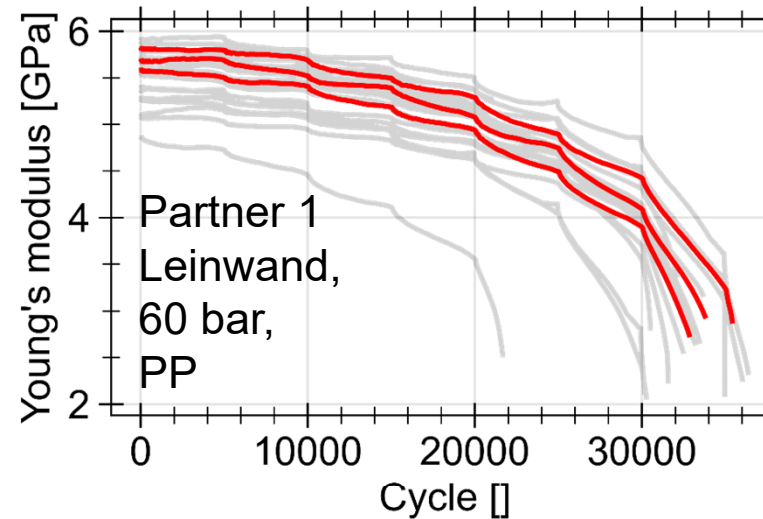
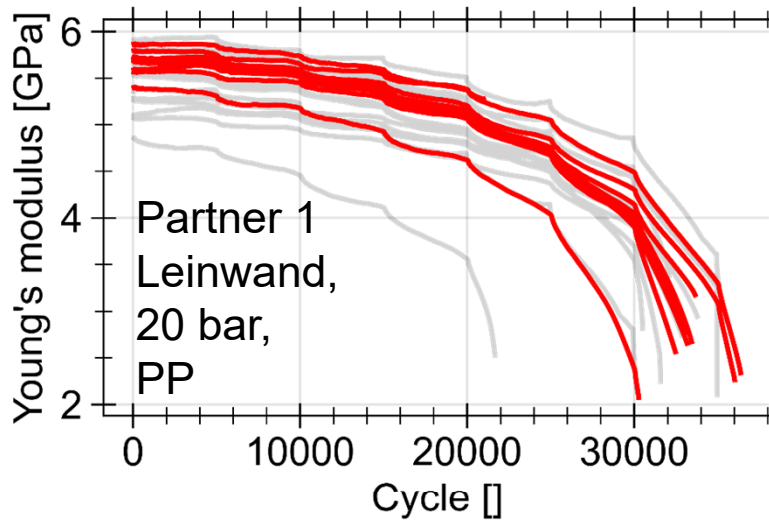
Menge	Kontrastmittelbestandteil
18 g	Zinkjodid
3 ml	Kodak Photo-Flo
3 ml	2-Propanol (Isopropanol)
3 ml	Destilliertes Wasser

- Röntgenabsorbierendes Wasser-Alkohol-Gemisch zur Bestimmung der Penetrierbarkeit von Flüssigkeiten
- Eindringen in thermisch aktiven Bereich



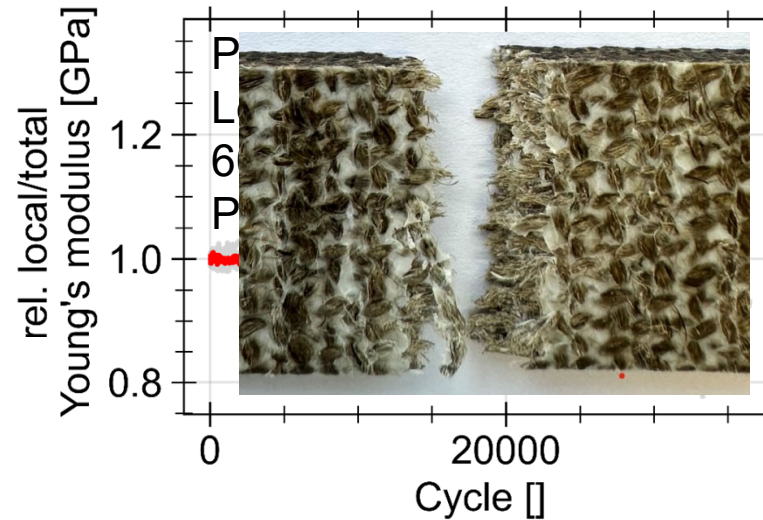
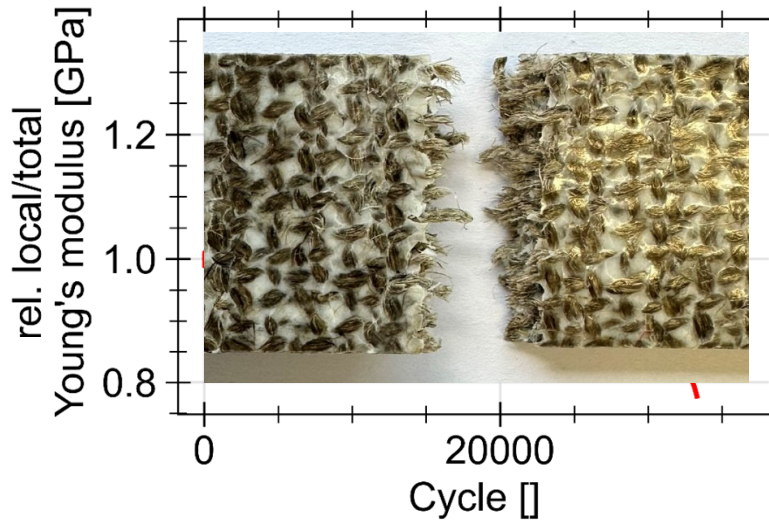
**Feuchtigkeitsaufnahme im geschädigten Bereich wird erhöht**

### 3. Ergebnisse der Mehrstufenversuchen Steifigkeitsreduktion



- Hohe Streuung innerhalb der Gruppen
- Partner 2-Charge auffällig mit sig. geringer Streuung und früher, spröder Bruch
- Körperbindung mit sig. höherer Streuung

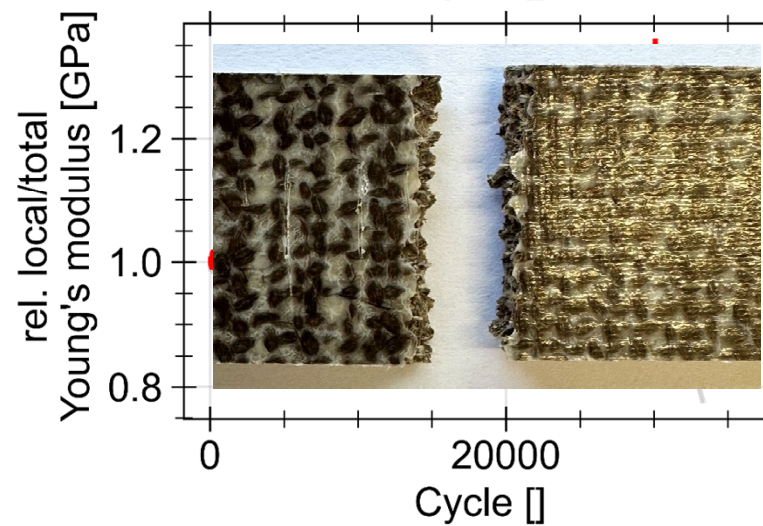
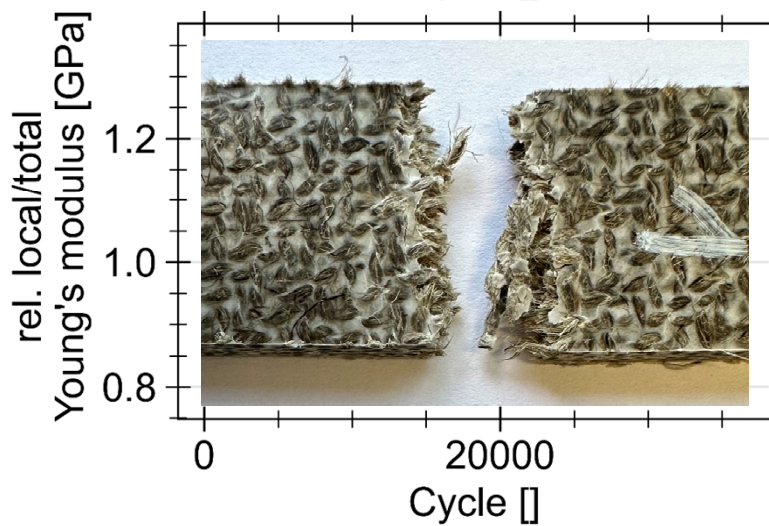
### 3. Ergebnisse der Mehrstufenversuchen Lokale Schädigungscharakteristik



E-Modul basierend auf  
Extensometer

$$E_{\text{local}} / E_{\text{total}}$$

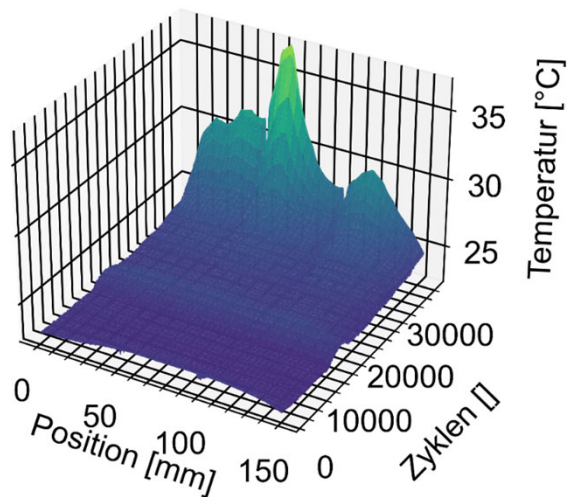
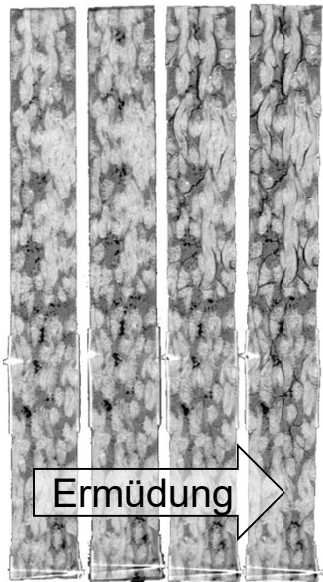
E-Modul basierend auf  
Wegdaten der Maschine



- Zeigt einen lokalisierten Defekt an
- Lokale Unterschiede über eine hohe Zyklenzahl gering
- Bei Partner 2 hohe Homogenität bis Bruch

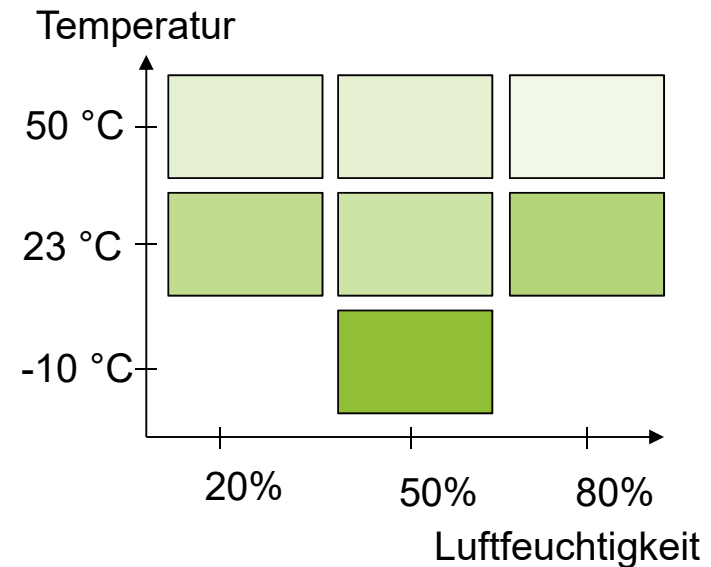
#### Zusammenfassung

- Hohe Varianz in den Proben
- Lokalisation der Schädigungsschwerpunkte durch Temperaturfeld möglich
- Punkte der Wasseraufnahme durch Rückgang der Ondulation



#### Ausblick

- Versuche mit Temperatur- und Feuchtigkeitsüberlagerung als Prüfatmosphären
- Analysieren des Bruchverhaltens von Fasermaterial mit Kavitätenpolymerisation
- Statistische Beschreibung des Faserverhaltens





## Danksagung



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft



[durobast.de](http://durobast.de)

**Förderkennzeichen: 2220NR090E**

Dauerhafte und ressourcenschonende Composit-Strukturbauteile auf Basis neuartig vorbehandelter und verarbeiteter Bastfasern

[www.wpt-info.de](http://www.wpt-info.de)

## QUESTIONS...?

**M.Sc. Ramon Helwing**

Phone: +49 231 755 90158

E-Mail: [ramon.helwing@tu-dortmund.de](mailto:ramon.helwing@tu-dortmund.de)



TU Dortmund University  
Faculty of Mechanical Engineering  
Chair of Materials Test Engineering (WPT)  
Prof. Dr.-Ing. Frank Walther  
Baroper Str. 303  
D-44227 Dortmund  
Germany

Phone: +49 231 755 8028

Fax: +49 231 755 8029

Email: [frank.walther@tu-dortmund.de](mailto:frank.walther@tu-dortmund.de)

Web: [www.wpt-info.de](http://www.wpt-info.de)