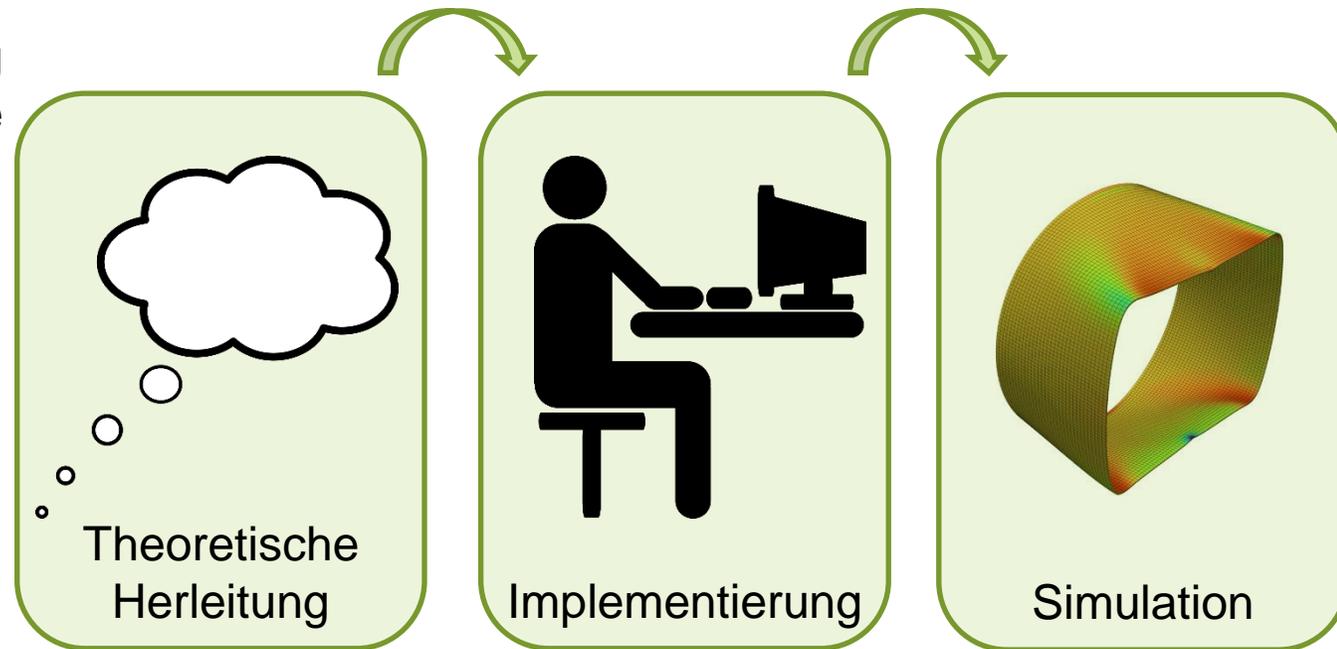
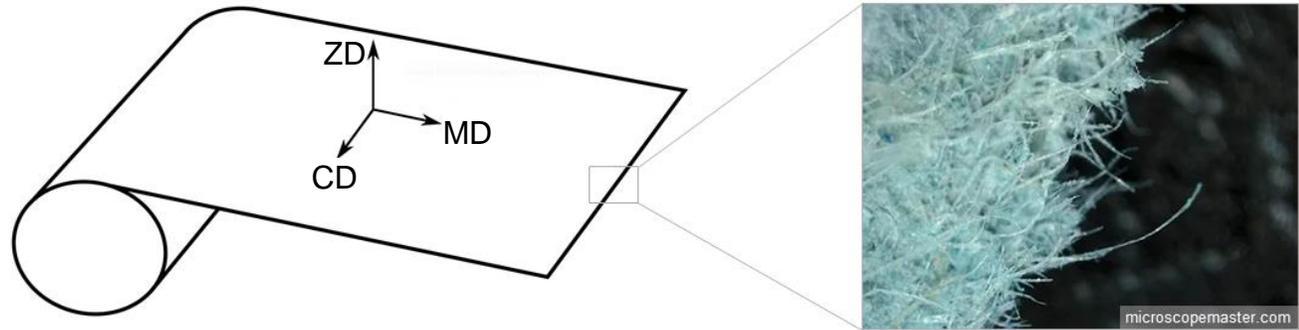


# Modellierung des Schädigungsverhaltens von Papier

Um Versagensmechanismen in Anwendungen wie Verpackungen, Kartons oder anderen papierbasierten Strukturen zuverlässig vorherzusagen, sind präzise Materialmodelle unerlässlich. Im Fokus dieser Arbeit steht die Entwicklung eines anisotropen Materialmodells, das das komplexe Schädigungsverhalten von Papier realistisch abbildet. Die Entwicklung und Validierung bietet spannende Einblicke in numerische Problemstellungen und -lösungen.

## Beispiele möglicher Themen:

- Weiterentwicklung des theoretischen Modells
- Implementierung in FEM-Software
- FEM-Simulationen von Strukturbeispielen



**Kontakt:** [bboes@uni-wuppertal.de](mailto:bboes@uni-wuppertal.de)

# Neuronale Netze in der Mechanik

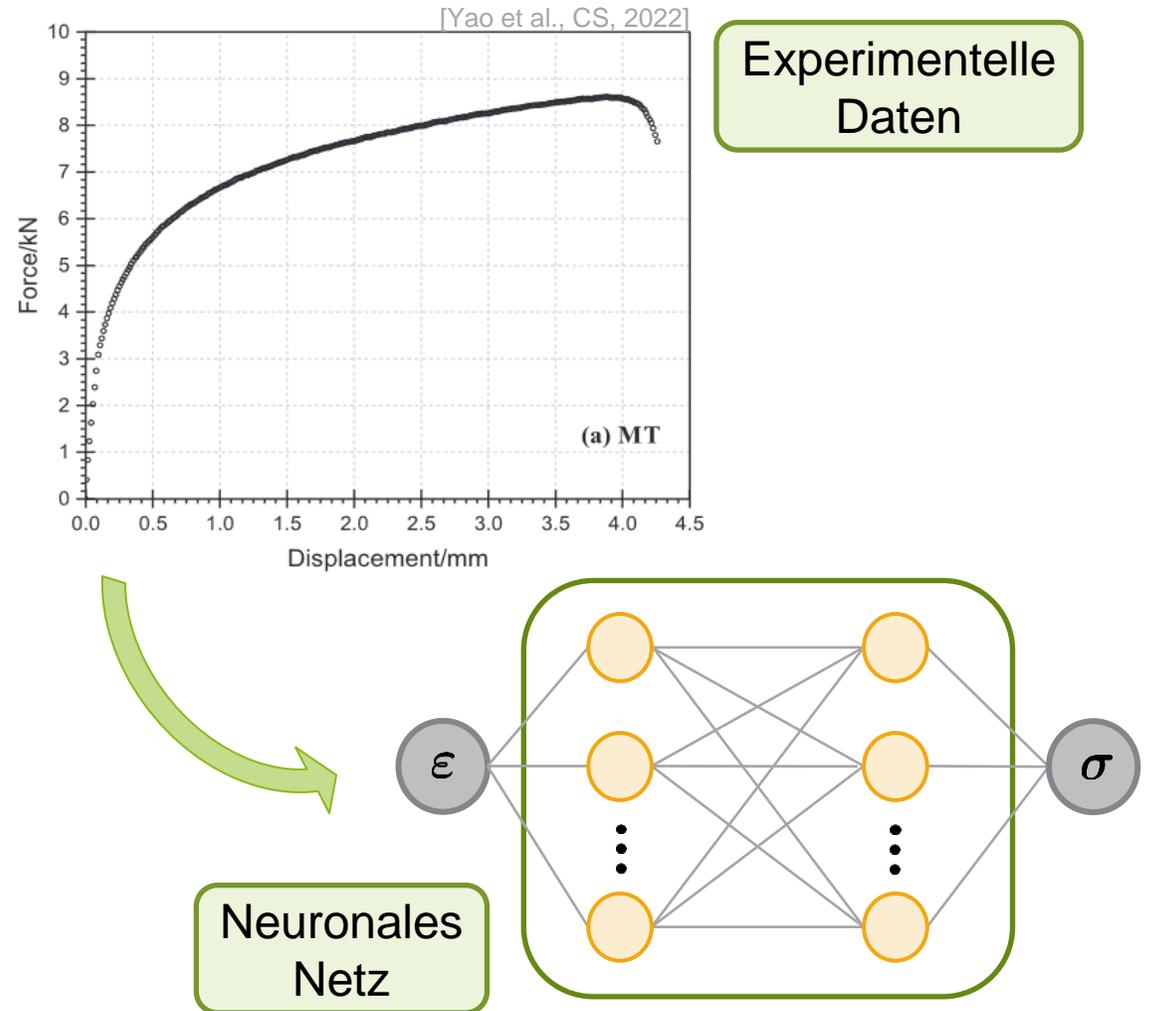
Die Kombination von Künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen revolutioniert die Mechanik, insbesondere in der Materialmodellierung. Mithilfe neuronaler Netze können auf Basis von Spannungs-Dehnungsdaten präzise Konstitutivgesetze erlernt werden. Das Besondere: Durch den gezielten Aufbau der Netze wird sichergestellt, dass die gefundenen Materialgesetze nicht nur die Trainingsdaten akkurat beschreiben, sondern auch physikalisch sinnvolles Verhalten außerhalb des gelernten Bereichs vorhersagen.

## Beispiele möglicher Themen:

- Verknüpfung von Mechanik und KI
- Implementierung weiterer Features (Plastizität, Hardening, Nicht-Assoziativität, ...)
- Training und Validierung an Datensätzen



**Kontakt:** [bboes@uni-wuppertal.de](mailto:bboes@uni-wuppertal.de)



# Modellierung der Mikrostruktur von Papier

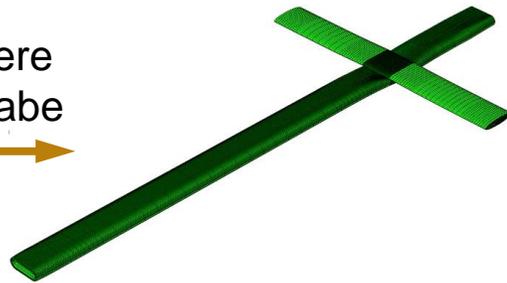
Wie sieht die Mikrostruktur von Papier aus und wie können wir das mechanische Verhalten möglichst realistisch nachbilden?

Diese Fragen versuchen wir durch Simulationen von einzelnen Fasern, Faserkreuzen und Fasernetzwerken zu lösen. Des Weiteren möchten wir den Einfluss der Mikrostruktur auf die makrostrukturellen Eigenschaften (Papierebene) bestimmen.

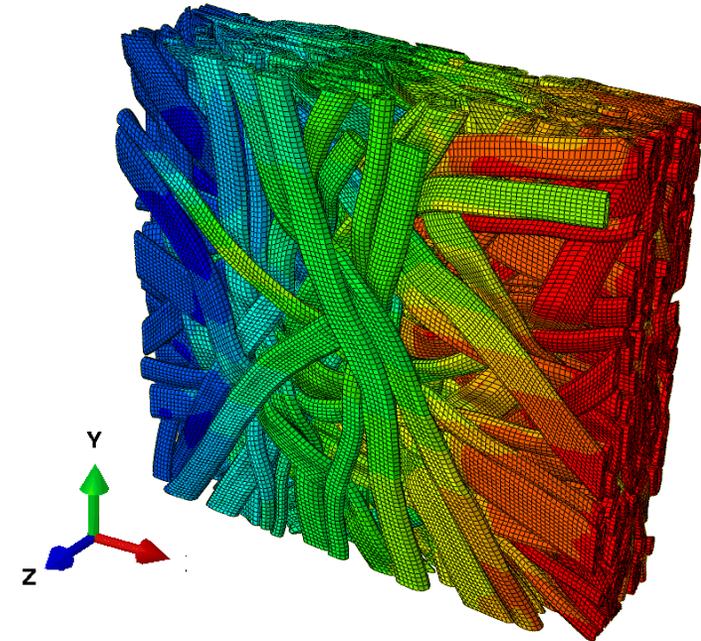


Shearing Experiment  
zwischen zwei Fasern

Unsere  
Aufgabe



Shearing Simulation  
zwischen zwei Fasern



## Mögliche Themen:

- Generierung und Analyse von Fasernetzwerken
- Bestimmung des Kontaktverhaltens zwischen den Fasern
- Untersuchung der mechanischen Eigenschaften einzelner Fasern



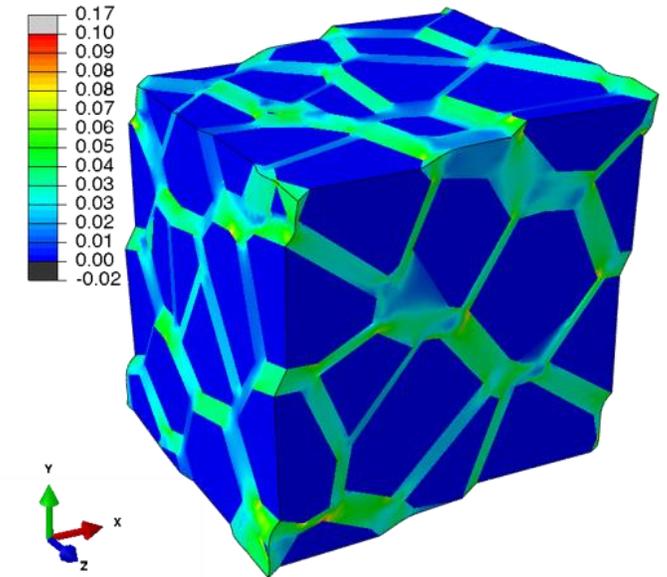
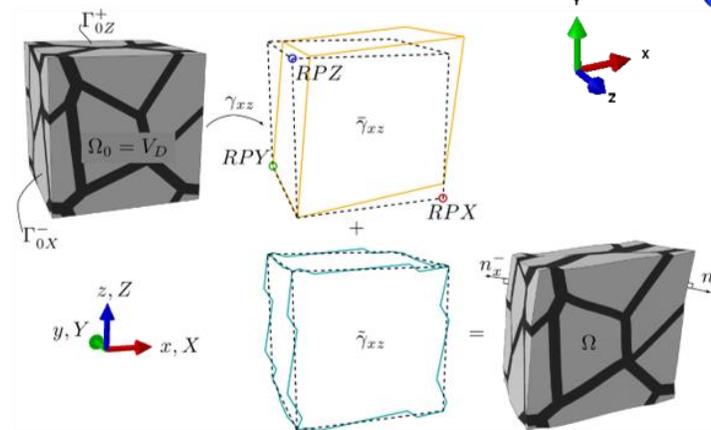
**Kontakt:** kloppenburg@uni-wuppertal.de

# Multiskalensimulation von Asphaltdeckschichten

Asphalt ist ein Verbundwerkstoff aus groben Gesteinskörnungen, Luftporen und einer bitumengebundenen Mörtelmatrix. Bei hohen Temperaturen und Lasten neigt Asphalt zur Bildung von Spurrinnen, deren Entstehungsmechanismen hier untersucht werden sollen. Mittels eines Homogenisierungsansatzes 2ter Ordnung soll das effektive makroskopische Verhalten des Materials unter Verkehrslast aus einem kleinskaligen Modell bestimmt werden.

## Beispiele möglicher Themen:

- Geometriegenerierung mittels CAD
- Homogenisierung 2ter Ordnung
- Elasto-viskoplastische Materialmodellierung



**Kontakt:** [johannes.neumann@uni-wuppertal.de](mailto:johannes.neumann@uni-wuppertal.de)

# Statistische Fluktuationen in anisotropen Materialmodellen

Das mechanische Verhalten von Papier auf der Makroskala wird maßgeblich durch die Mikrostruktur bestimmt, insbesondere durch die Formation und Orientierung der Fasern. Der Herstellungsprozess sorgt dafür, dass diese Eigenschaften statistisch fluktuieren. Im Rahmen unserer Forschung entwickeln wir stochastische Materialmodelle, um diese Phänomene besser zu verstehen.

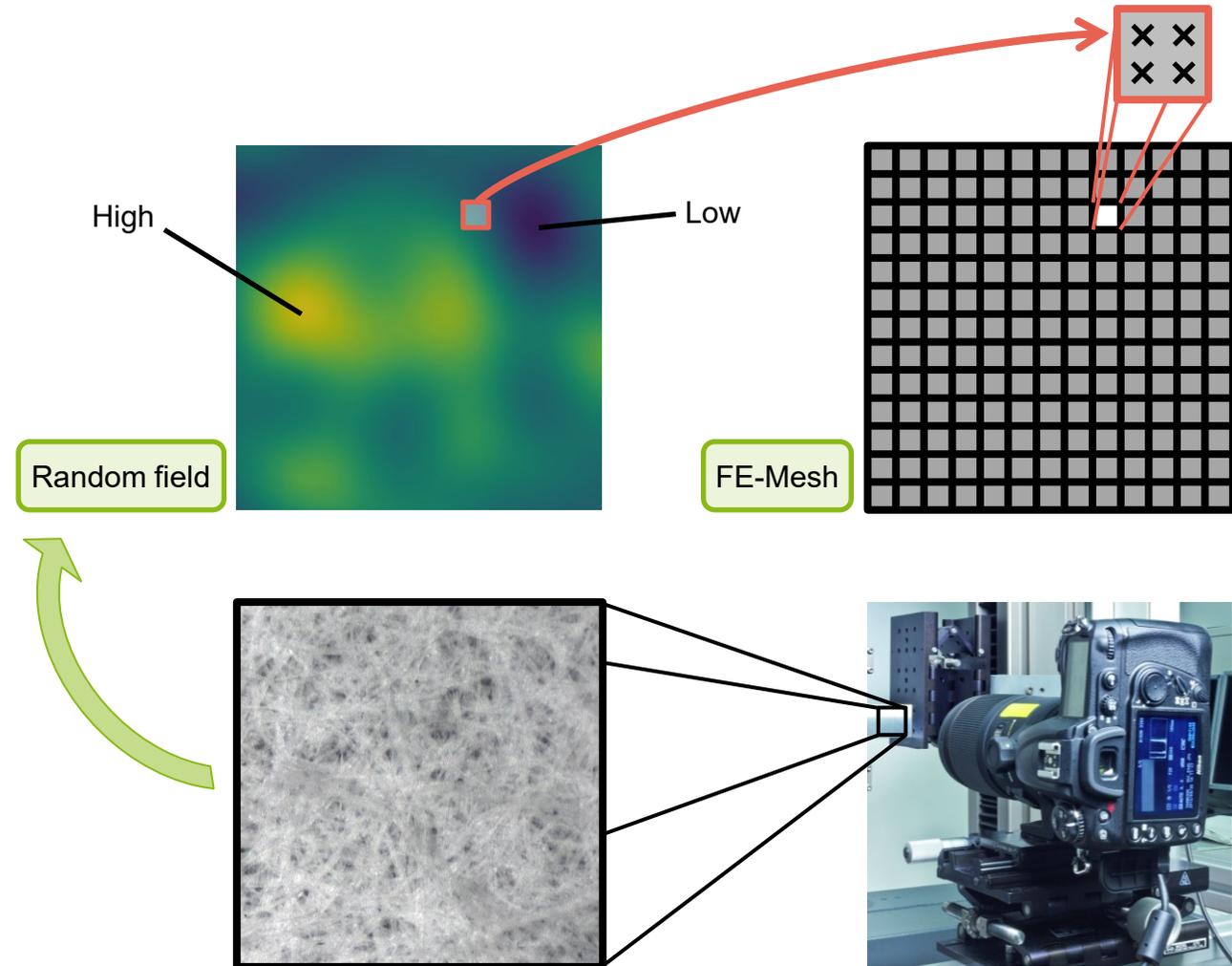
Für diese Abschlussarbeit oder HiWi-Stelle sind keine Vorkenntnisse nötig.

## Beispiele möglicher Themen:

- Bildanalyse mit Machine Learning
- Stochastische Finite Elemente Methoden (SFEM)
- FEM-Simulationen auf mehreren Skalen
- Programmierung an Hochleistungsrechnern



**Kontakt:** [jan.pfeifer@uni-wuppertal.de](mailto:jan.pfeifer@uni-wuppertal.de)



# Angewandte fraktale Mechanik

Fraktale sind überall zu sehen und entwickeln sich zu einem innovativen Werkzeug für einen Multiskalen-Ansatz.

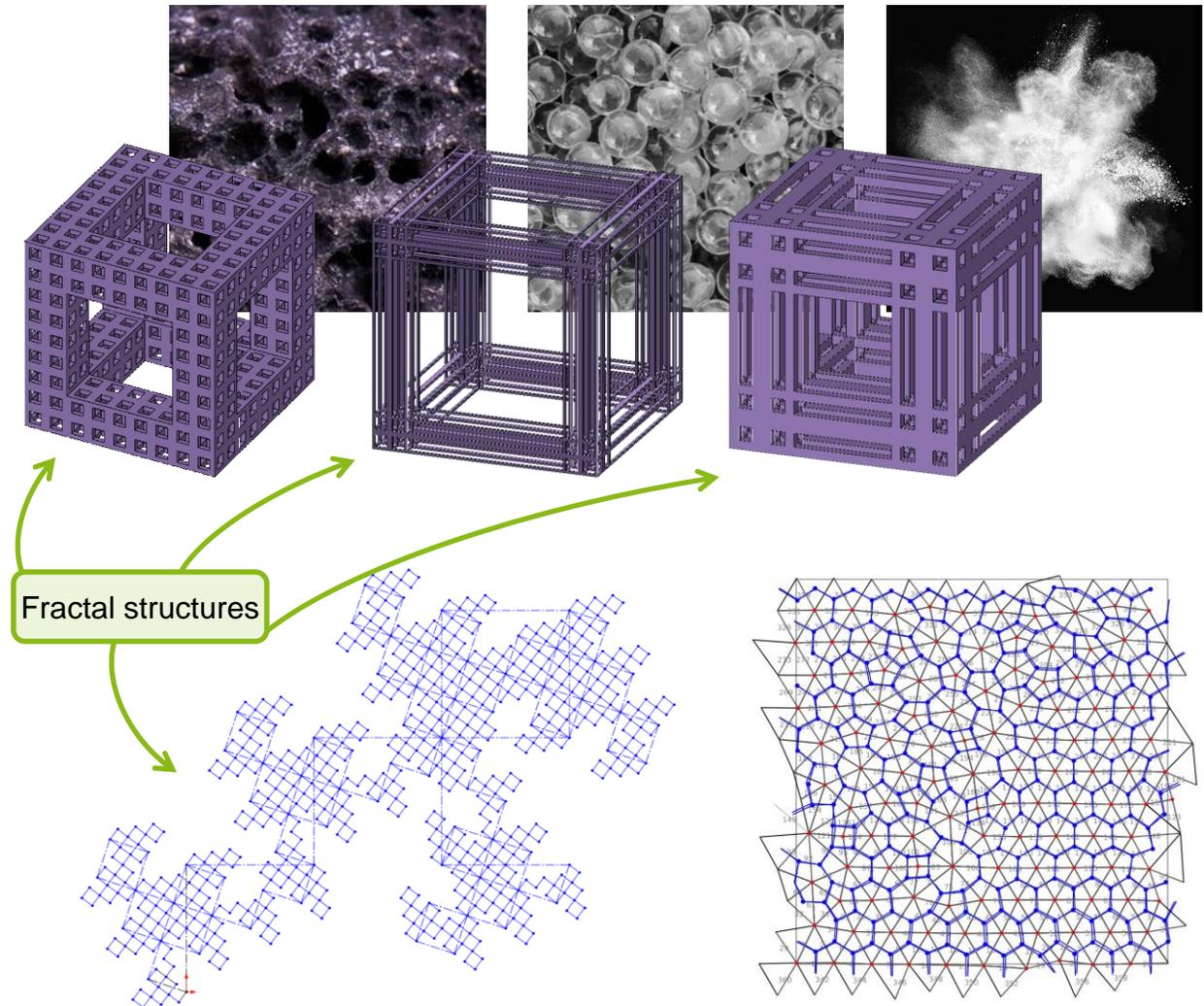
- Die Eigenschaften poröser Medien werden modelliert, um spontane Imbibitionsprozesse (Aufsaugungsprozesse) weiter zu charakterisieren. Fluid- und Kapillareigenschaften sind unabhängig von dieser Modellierung. Verschiedene fraktale Parameter werden verwendet, um die Wiederherstellungsrate realitätsnäher zu simulieren.
- Ein weiterer Schwerpunkt ist die Generierung von Glaskörperstrukturen für molekulardynamische Studien. Dafür wird die fraktale Topologie als Bauplan für die Auswahl von  $\text{SiO}_3$  Verbindungen verwendet, sodass numerische Modelle für die 2D-Abbildungen der amorphen Materialien erstellt werden können.

## Beispiele für mögliche Themen:

- Variablenbewertung und Validierung von experimentellen Daten.
- Multiskalen-Modellierung.



**Kontakt:** [lilian.aurora@uni-wuppertal.de](mailto:lilian.aurora@uni-wuppertal.de)



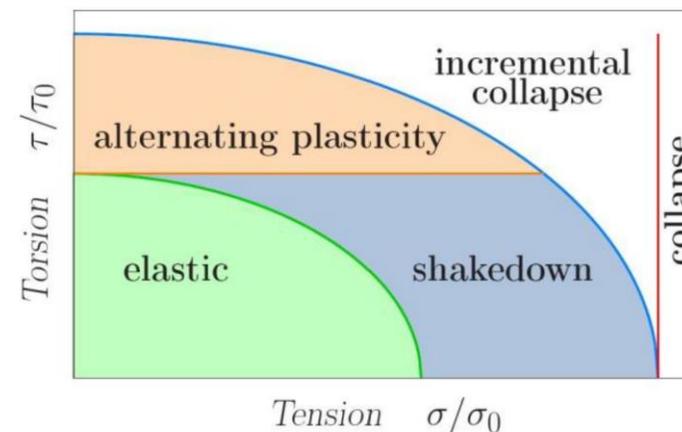
# Grenzzustandsanalyse von Partikelverstärkten Metallmatrix-Verbundwerkstoffen (PRMMCs)

PRMMCs sind komplexe Materialien, die in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und der Robotik aufgrund ihrer Festigkeit trotz ihres geringen Gewichts und ihrer Hitzebeständigkeit eingesetzt werden. Diese Materialien, bestehend aus einer Metallmatrix, die mit Partikeln verstärkt ist, bieten verbesserte mechanische Eigenschaften für anspruchsvolle Anwendungen.

Der Forschungsfokus ist hier die Grenzzustandsanalyse, um die Tragfähigkeit von PRMMC-Mikrostrukturen zu bewerten, unter Einbeziehung elastoplastischer Materialmodelle mit Schädigungsmechanismen wie Partikelbruch und Matrix-Teilchen-Entbinderung.



**Contact:** [veludandi@uni-wuppertal.de](mailto:veludandi@uni-wuppertal.de)



Verschiedene Zustände einschließlich Shakedown

## Beispiele möglicher Themen:

- Elastoplastische Materialmodelle.
- Schädigungsmodellierung in PRMMCs für verschiedene Schädigungsmechanismen.
- Grenzzustandsanalyse mit Finite-Elemente-Methode (FEM).

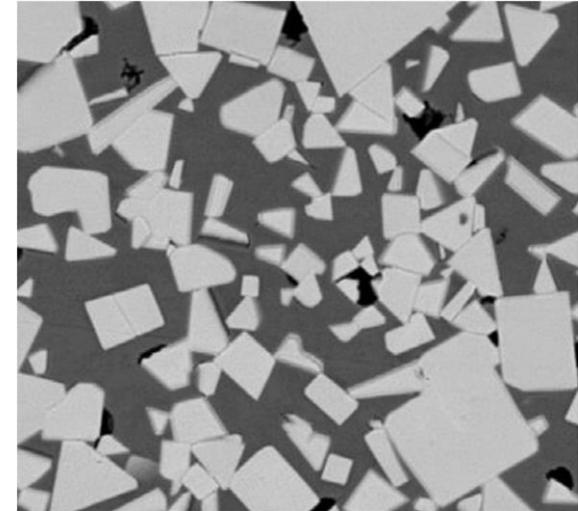
# Partikelverstärkte Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (PRMMCs) Mikroskalengenerator

PRMMCs sind in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und der Robotik aufgrund ihrer Festigkeit trotz ihres geringen Gewichts und ihrer Hitzebeständigkeit von entscheidender Bedeutung. Die Verbesserung ihres Materialverhaltens erfordert präzise Mikroskalenmodelle, insbesondere Representative Volume Elements (RVEs), die auf spezifische Anforderungen zugeschnitten sind.

Ziel dieses Projekts ist es, einen PRMMC-Mikroskalengenerator zu entwickeln, der realistische RVEs erstellt, welche Partikelgröße, -form, -verteilung und -clustering erfassen. Diese RVEs sind entscheidend für die Vorhersage des Materialverhaltens unter komplexen Lasten und unterstützen Multiskalenmodellierungen und Versagensanalysen.



**Contact:** [veludandi@uni-wuppertal.de](mailto:veludandi@uni-wuppertal.de)



Mikrostruktur eines repräsentativen PRMMC  
[Wolframkarbid-Kobalt]

## Beispiele möglicher Themen:

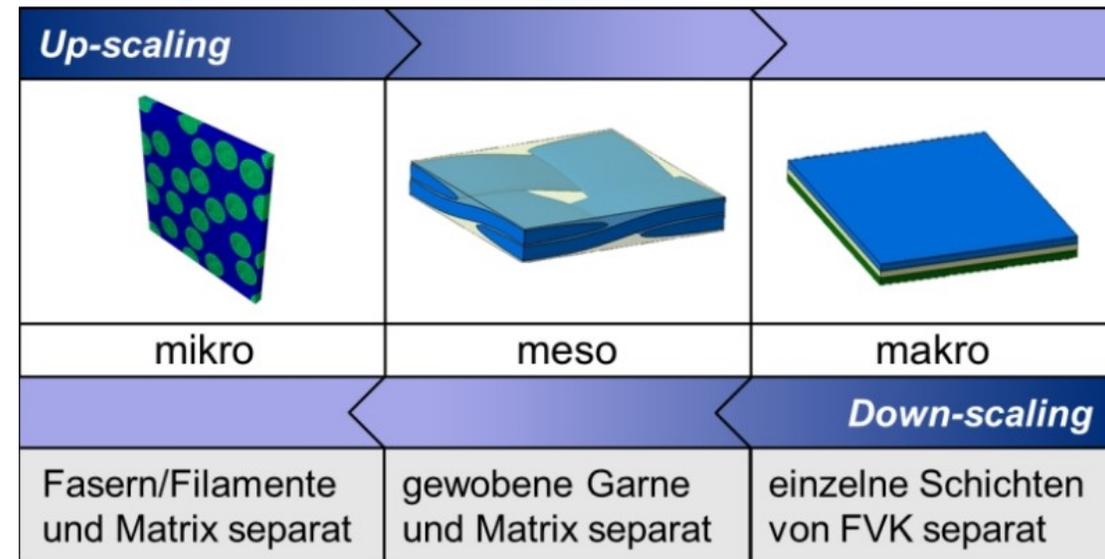
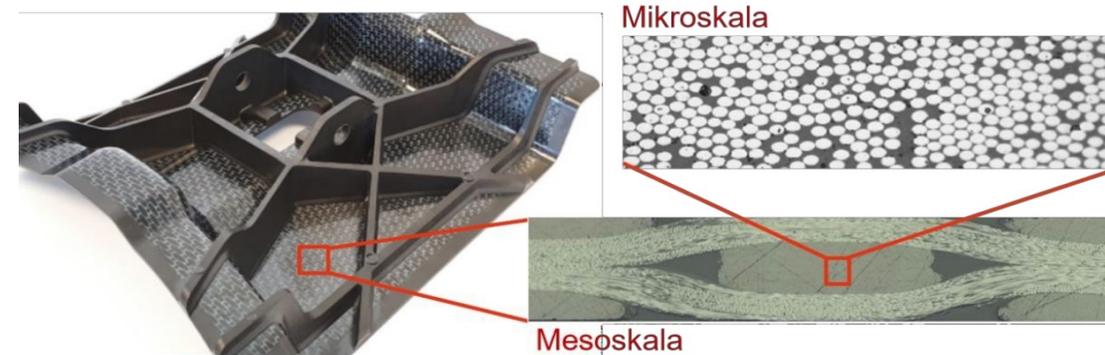
- Generierung realistischer PRMMC-Mikrostrukturen.
- Modellierung von Partikelclusteringeffekten.
- Automatisierung des RVE-Generierungsprozesses.

# Mehrskalige Modellierung des nichtlinearen Schädigungsverhaltens von carbonfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffen(CRFP)

Ein Simulationswerkzeug wird entwickelt, das das nichtlineare Schädigungsverhalten von CFRP basierend auf einer experimentellen Datenbank und einem innovativen Multiskalenansatz vorhersagt. Wesentliche Merkmale sind die Kopplung von Schädigung und (Visko-)Plastizität, die Netzunabhängigkeit durch Gradientenerweiterung und die Berücksichtigung der Abhängigkeit von der Mikrostrukturgröße. Ein neues Homogenisierungskonzept soll dies auch bei großen Verformungen und Lokalisierungen gewährleisten.

## Beispiele möglicher Themen:

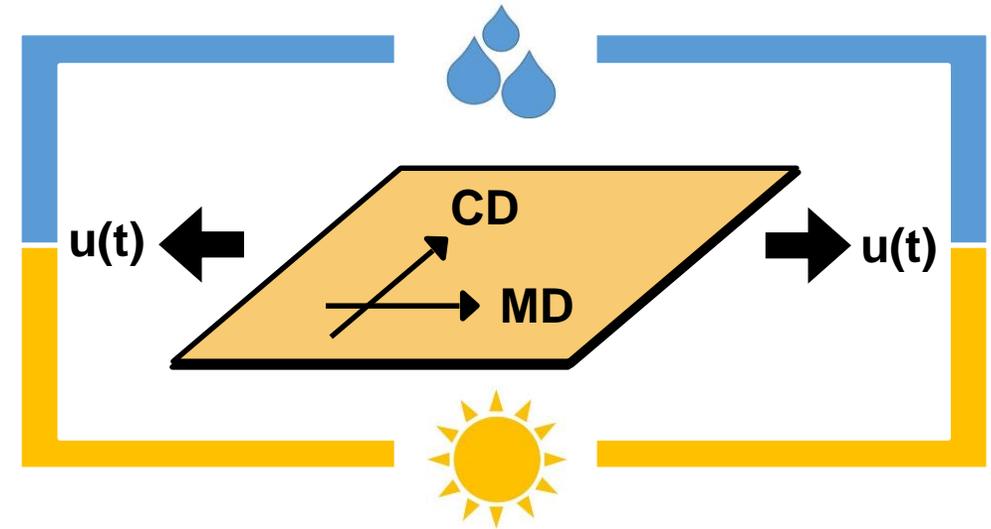
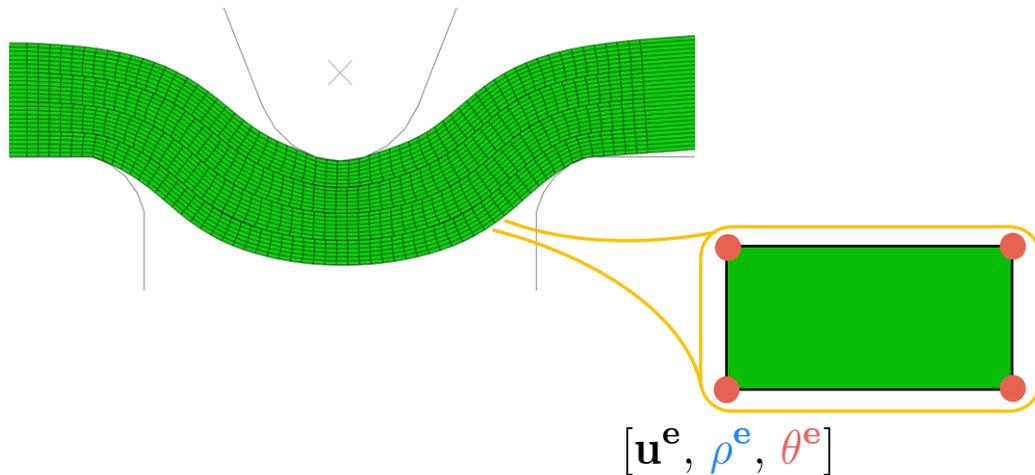
- Entwicklung eines Makromodells, das Schäden und Plastizität modellieren kann
- Parameterstudien und Validierung der experimentellen Ergebnisse
- FEM-Simulationen auf mehreren Skalen



**Kontakt:** [majd.tabib@uni-wuppertal.de](mailto:majd.tabib@uni-wuppertal.de)

# Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit bei der Verarbeitung von Fasermaterialien

Der Einfluss von Temperatur und Feuchte stellt ein enormes Hindernis für eine breitere Anwendung von Papier und Karton da. Dementsprechend liegt der Fokus dieses Projektes auf der numerischen Modellierung des komplexen thermo-hygro-mechanischen Verhaltens von Papier und Karton.



## Beispiele möglicher Themen:

- Herleitung und Implementierung eines geeigneten Materialmodells
- Finite-Elemente-Simulationen mit FEAP oder FEniCSx
- Vergleich von experimentellen und numerischen Ergebnissen



Kontakt: [kopic@uni-wuppertal.de](mailto:kopic@uni-wuppertal.de)

# Entwicklung von Materialmodellen für die Grenzzustandsanalyse

Die Berechnung von Grenzzuständen ist sehr wichtig für die Abschätzung der Tragfähigkeit von Strukturen, um sie zu entwerfen und zu optimieren. Das elastoplastische Verhalten von Papier unterscheidet sich aufgrund seiner komplizierten Mikrostruktur erheblich von dem anderer Materialien. Im Rahmen unserer Forschung entwickeln wir elastoplastische Materialmodelle, um die Grenzzustände von Strukturen präzise zu bewerten.

Für diese Abschlussarbeit oder HiWi-Stelle sind keine Vorkenntnisse nötig.

## Beispiele möglicher Themen:

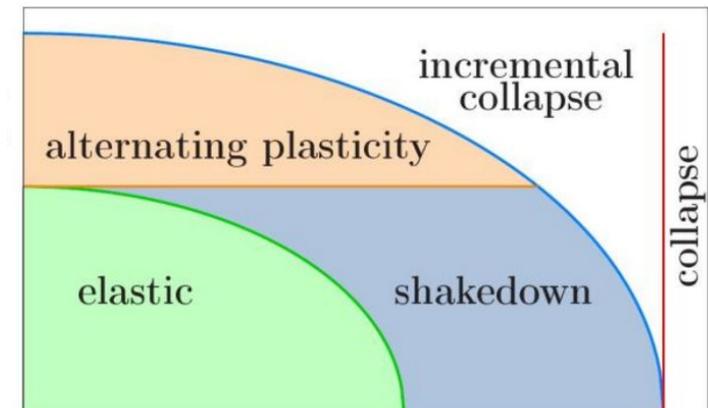
- Elastoplastische Materialmodelle
- Finite Elemente Methoden (FEM)
- Mathematische Optimierung
- Python/Fortran-Programmierung



**Kontakt:** [vafadarikomarol@uni-wuppertal.de](mailto:vafadarikomarol@uni-wuppertal.de)



**Komplexe Mikrostruktur von Papier**



**Unterschiedliche Zustände und Shakedown**

# Visko-hyperelasto-plastisches Materialmodell für Thermoplaste

Thermoplastische Polymere finden in zahlreichen Bereichen der Technik Anwendung. Allerdings stellt ihre Materialmodellierung aufgrund des stark nichtlinearen mechanischen Verhaltens eine Herausforderung dar. Zu den wesentlichen Herausforderungen zählt die Hyperelastizität, zudem die dehnratenabhängige Viskoplastizität und sowie die thermo-mechanische Kopplung. Der Einsatz eines neuen Kontinuumsmechanik Frameworks, der Co-rotated Intermediate Configuration (CIC), in Kombination mit automatischer Differenzierung erlaubt eine signifikante Reduktion des Implementierungsaufwands. Somit kann eine effiziente Entwicklung thermoviskoplastischer Materialmodelle für große Deformationen realisiert werden.

## Mögliche Themen:

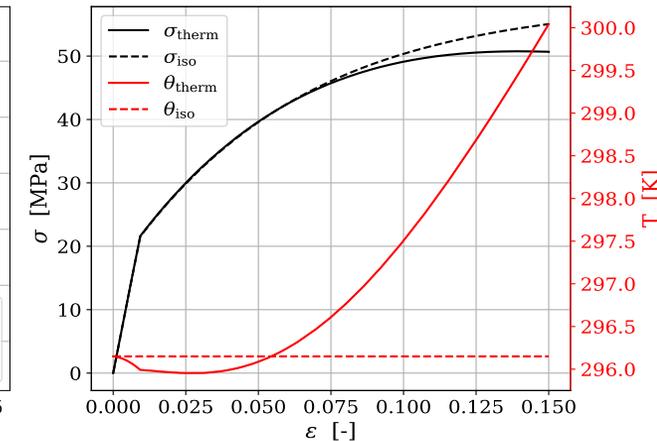
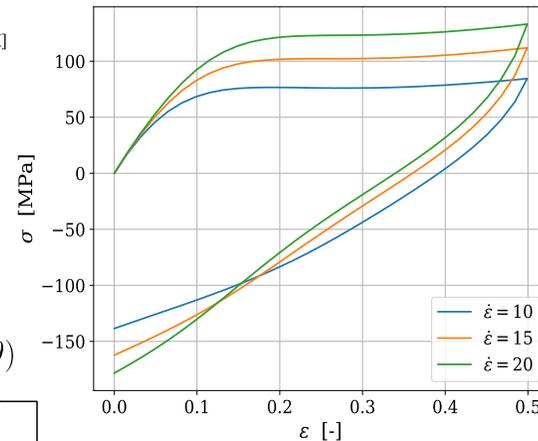
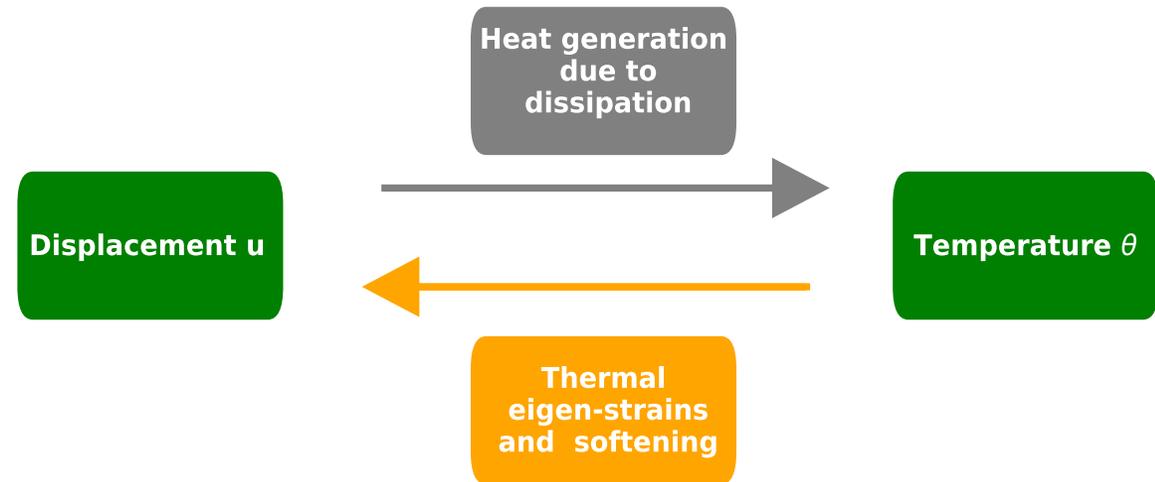
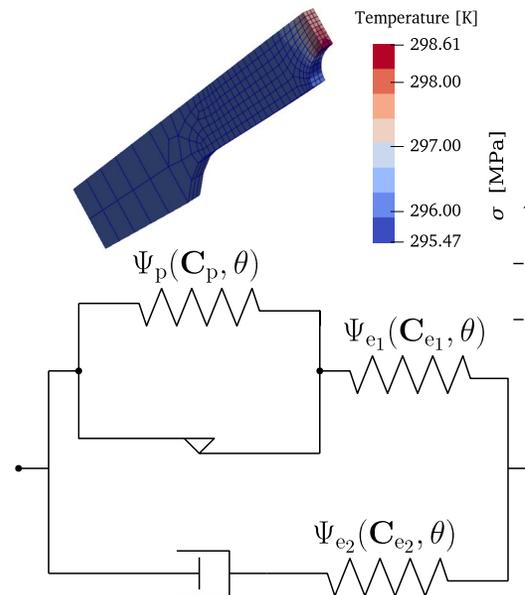
Entwicklung eines hyperelastischen Modells mit ggf.

- Ratenabhängigkeit (Viskoelastizität)
- Plastizität und Verfestigung
- Thermo-mechanischer Kopplung
- Entfestigung

sowie Parameterstudien und Anwendung des oben genannten Modells.



Kontakt: [tiliu@uni-wuppertal.de](mailto:tiliu@uni-wuppertal.de)



# Multiphysikalisch gekoppeltes Grenzflächenmodell für faserverstärkte Thermoplaste

Der Umspritzprozess, bei dem thermoplastische Verbindungen mit faserverstärkten Tapes oder Organoblechen verbunden werden, ist in Branchen wie der Automobil-, Luftfahrt- und Energietechnik weit verbreitet. Diese Prozesse leiden jedoch oft unter schlechter Grenzflächenhaftung, was zu vorzeitigem Versagen und Überkonstruktion führen kann. Kohäsivzonenelemente bieten eine effektive Methode zur Modellierung und Vorhersage des Schadensverhaltens unter verschiedenen Lastfällen. Sie ermöglichen eine hohe Genauigkeit bei reduzierter Rechenleistung.

## Beispiele möglicher Themen:

- Konstruktion von Kohäsivzonenelementen
- Multiphysikalische Kopplung von thermoviskoelastischem und kristallinen Verhalten
- Parameterstudien und Validierung der experimentellen Ergebnisse
- FEM-Simulationen auf mehreren Skalen

**Kontakt:** [xiangfeng.li@uni-wuppertal.de](mailto:xiangfeng.li@uni-wuppertal.de)

