



# Transformations-Hub: Leitungssatz

## *Leitfähige Kunststoffe und deren elektrische Kontaktierung*

15. Juni 2023

Klara Wiegel

Universität Kassel



- Luft- und Raumfahrt
- Marine
- Automobilbereich
- Gas-/Öl-Industrie
- Konstruktion
- Kleidung
- ...

→ **Mechanische Festigkeit**

→ **Gewichtsreduktion**

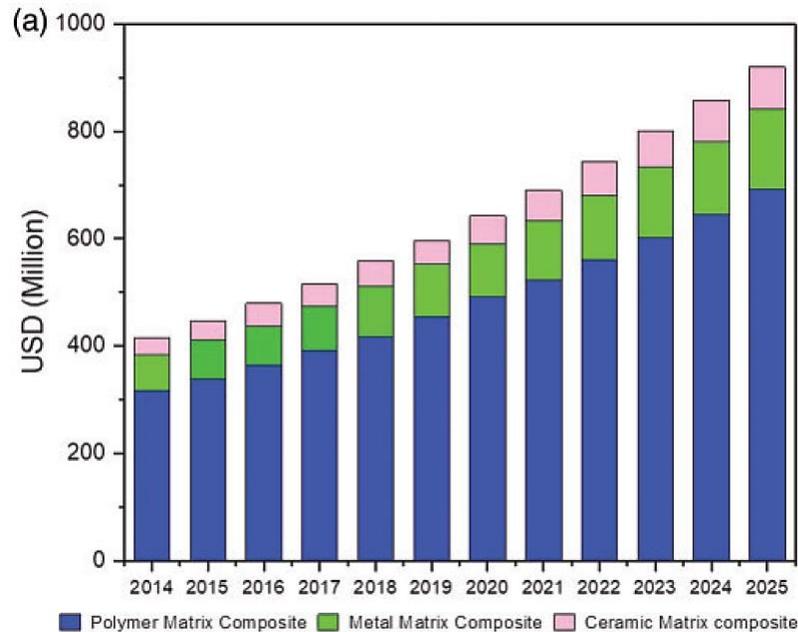
→ **Kombination verschiedener  
Materialeigenschaften**

→ **Kurze Herstellungs-/Lieferzeiten**

→ **Flexibles Design**

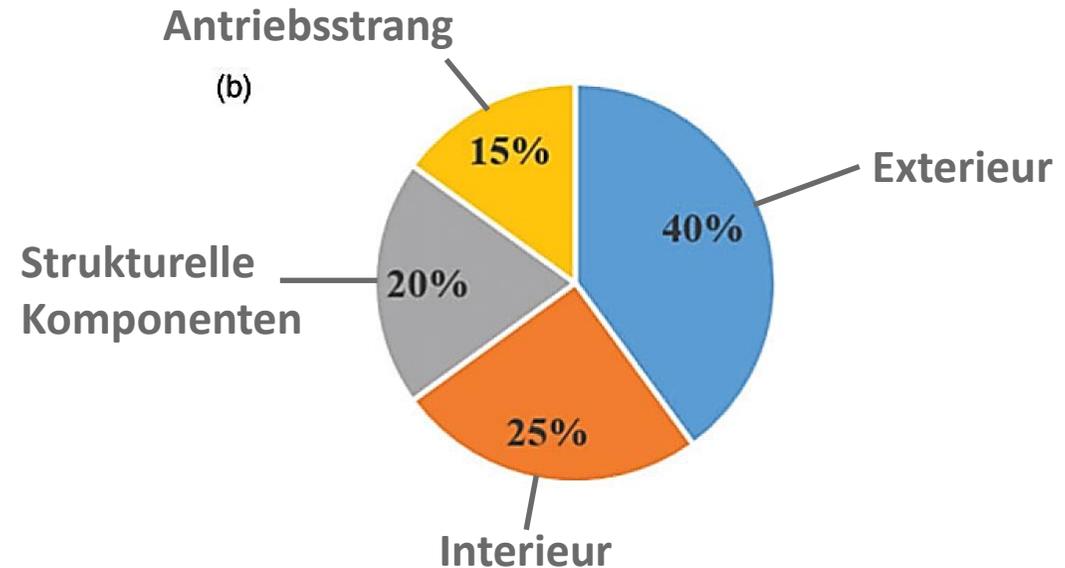


## US-Markt für Polymerverbundwerkstoffe für die Automobilindustrie



**Figure 1.** (a) US automotive polymer composite market revenue, by product, projected up to 2025. Reproduced from Grand View Research.<sup>2</sup> (b) Global application pattern of polymer composite in automotive components.

## Wo werden diese eingesetzt?





# Einsatz von Kunststoffen

Struktur-  
Komponenten

**Safety Seat and Side Door Structure**  
BMW

**Floor Panel**  
GF/ PP + PP-Honeycomb  
Nissan

**Transverse Support Beam**  
GF/ PA 66  
IVW, Porsche

**Back Seat**

**Front Seat**

**Bumper**  
GF/ PA 6  
BMW

**Triangle Joint**  
GF/ PA 66  
Audi

**Integral Seat**  
GF/ PP + PEI-Foam  
IVW, DaimlerChrysler

**Dashboard**

**Door**

**Brake Lever**

**Floor Panel**

Exterieur-  
Komponente

Interieur-  
Komponenten

Antriebsstrang-  
Komponenten

- Achsmanschette
- Wellendichtung

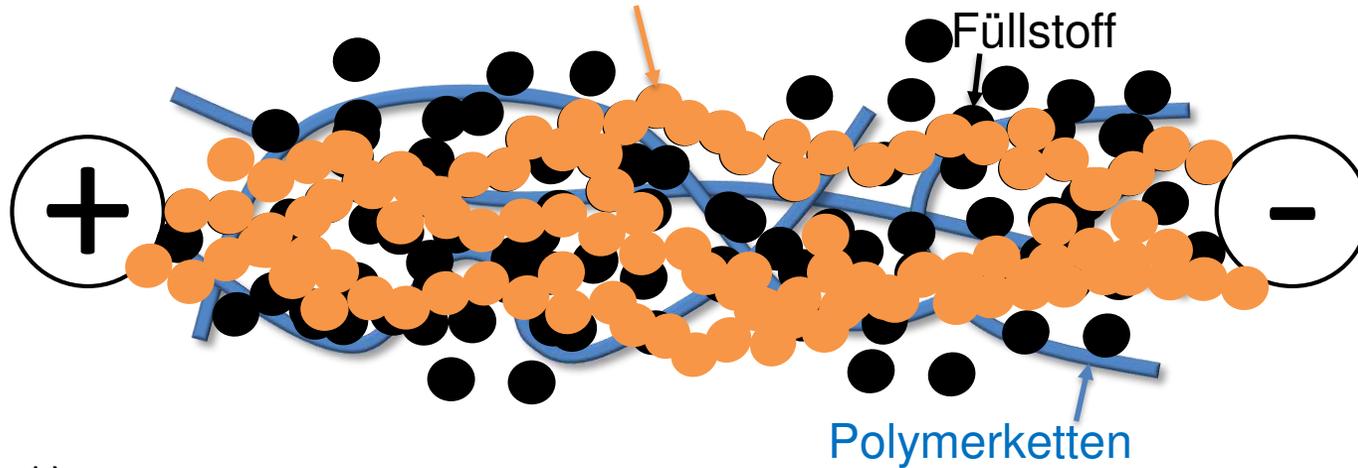
Fig. 12 FRP in load bearing automobile structures

Friedrich, K., Almajid, A.A. Manufacturing Aspects of Advanced Polymer Composites for Automotive Applications. Appl Compos Mater 20, 107–128 (2013).



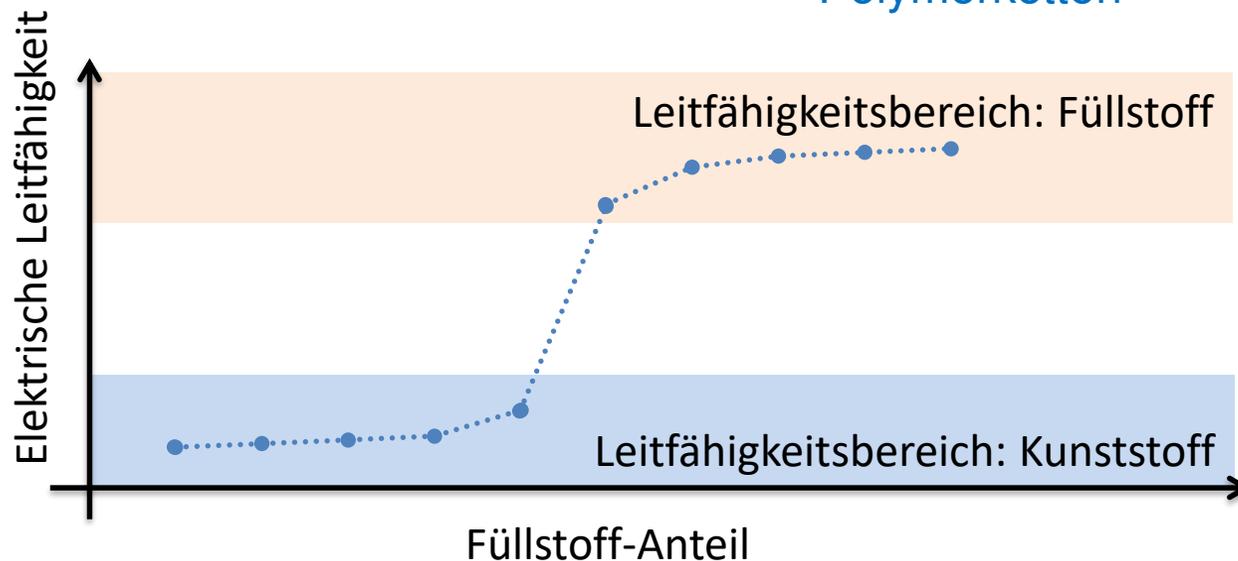
# Elektrisch-leitfähige Kunststoffe

Durchgehender elektrisch-leitfähiger Pfad



**Leitfähigkeit: durch Füllstoffe (Additive)**

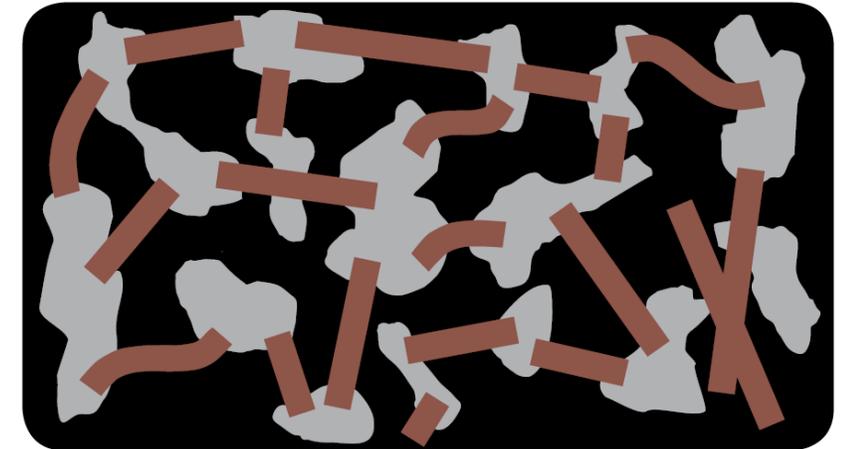
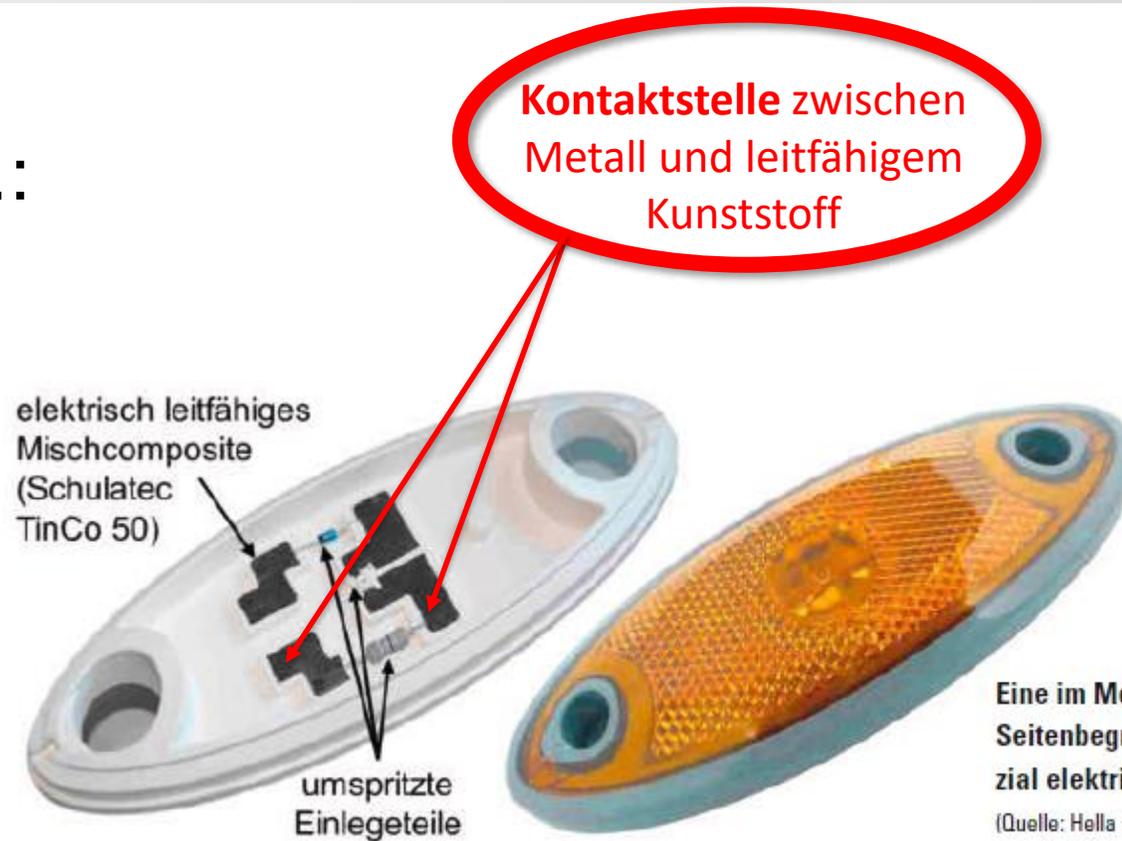
→ Leitruße, Carbonfasern, Metall, Nanotubes





# Einsatz von elektrisch-leitfähigen Kunststoffen

■ z.B.:



## Leitfähiges Netzwerk

Datenblatt Schulatec TinCo 50, A. Schulmann GmbH

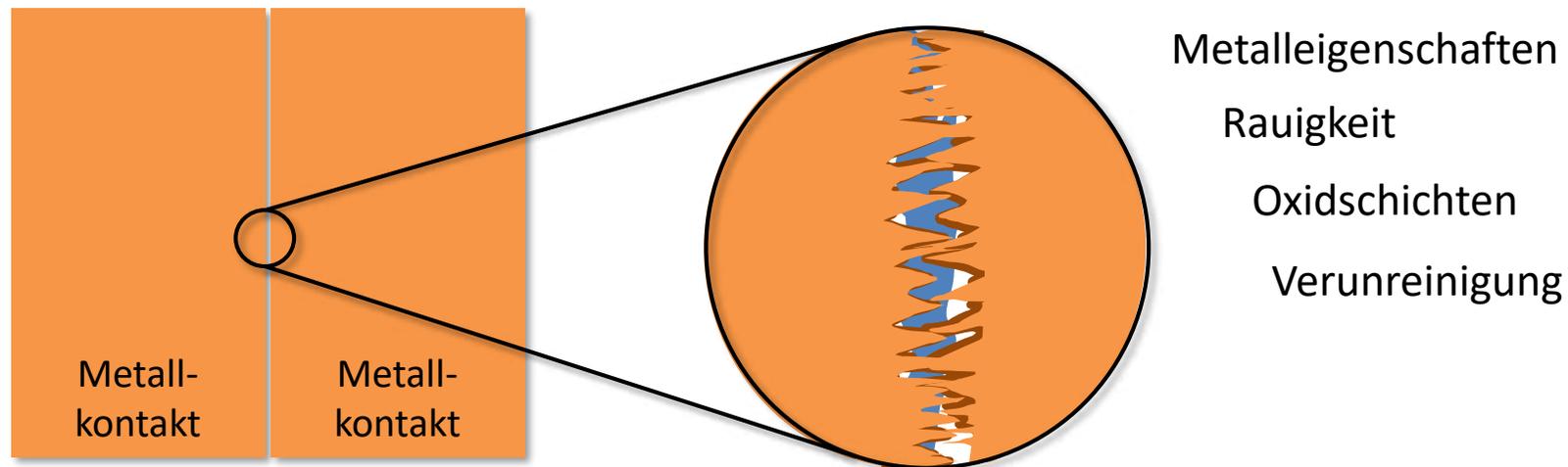
Eine im Mehrkomponenten-Spritzgießen hergestellte Seitenbegrenzungsleuchte lässt das Anwendungspotenzial elektrisch leitfähiger Mischcomposites erahnen

(Quelle: Hella Lighting Finland Oy, A. Schulman GmbH)



Unser Forschungsvorhaben, gefördert durch die DFG:

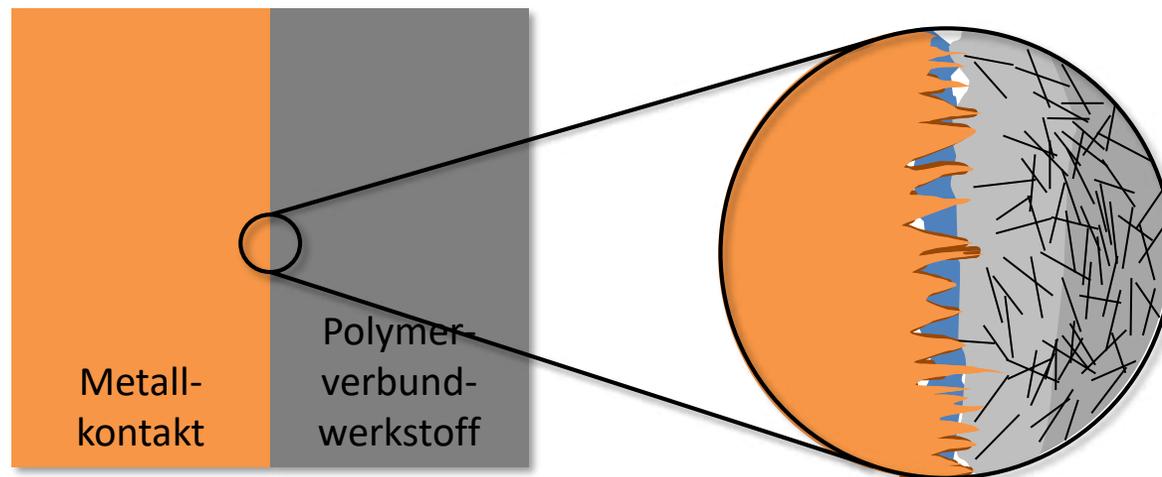
## ■ Modellierung elektrischer Kontaktwiderstände an Metall-Kunststoff-Grenzflächen





Unser Forschungsvorhaben, gefördert durch die DFG:

## ■ Modellierung elektrischer Kontaktwiderstände an Metall-Kunststoff-Grenzflächen



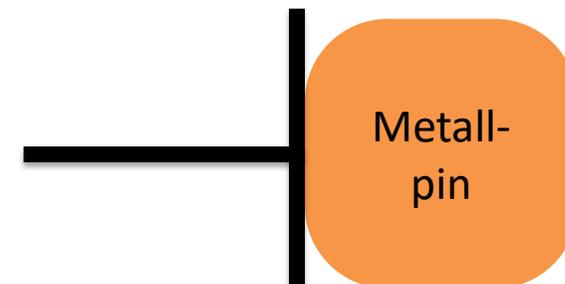
Metalleigenschaften	Grenzflächengeometrie
Rauigkeit	Füllstoffkonzentration
Oxidschichten	Füllstoffeigenschaften
Verunreinigung	Füllstoffausrichtung
Kontakttemperatur	Füllstoffdispersion
Benetzbarkeit	Matrixbeschaffenheit



Unser Forschungsvorhaben, gefördert durch die DFG:

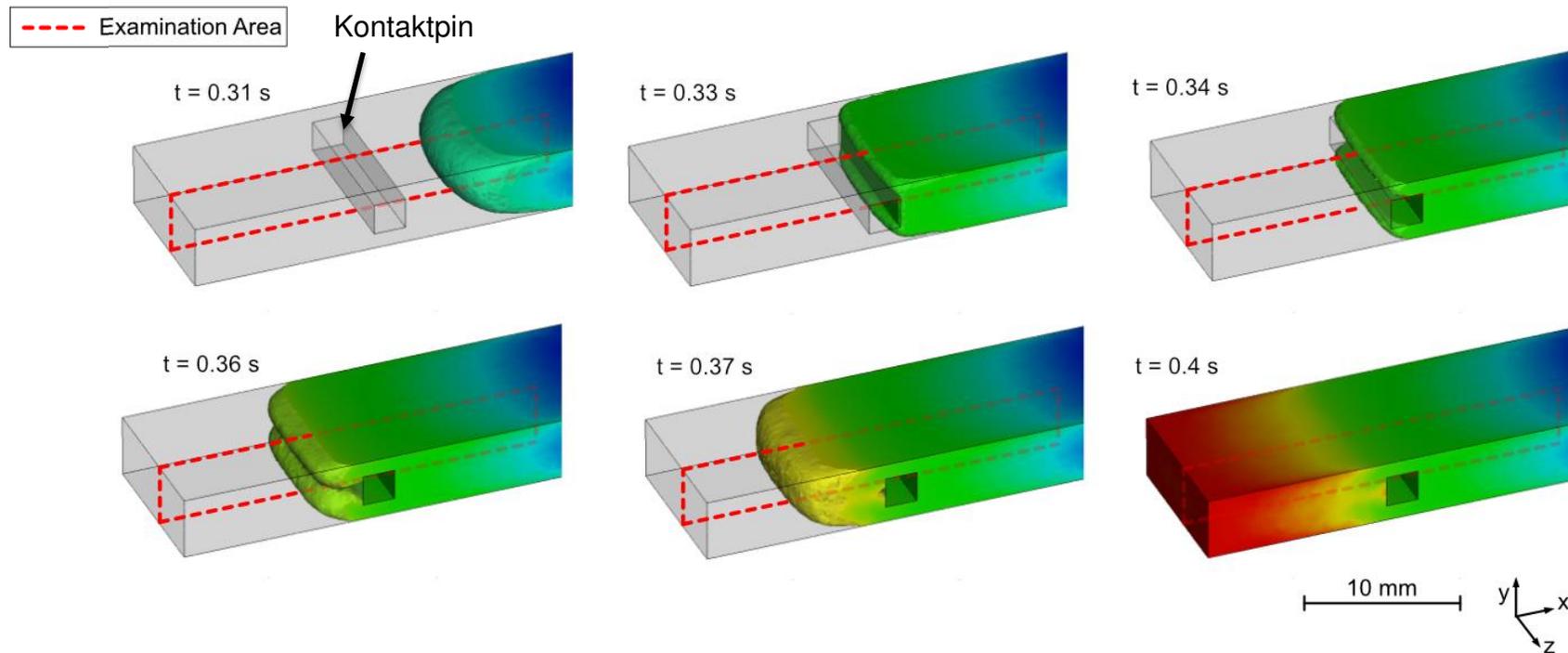
## ■ Modellierung elektrischer Kontaktwiderstände an Metall-Kunststoff-Grenzflächen

Füllstoff: Kohlefaser





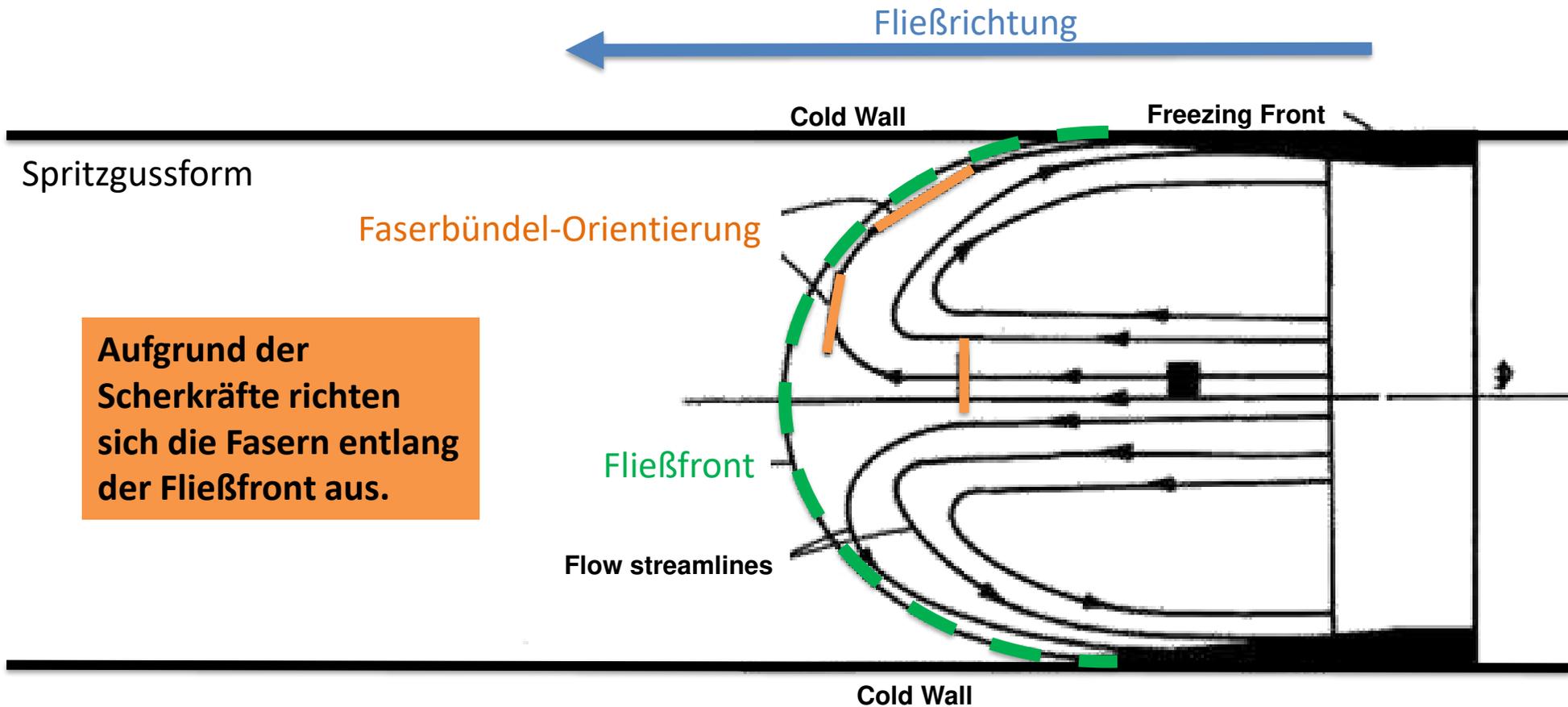
## Spritzgusssimulation



Eckel, E.; Wiegel, K.; Schlink, A.; Ayebe, M.; Brabetz, L.; Hartung, M.; Heim, H.-P. Determination of Local Electrical Properties Using a Potential Field Measurement for Electrically Conductive Carbon Fiber Reinforced Plastics with Metal Contact Pins Joined via Injection Molding. *Polymers* **2022**, *14*, 2805.



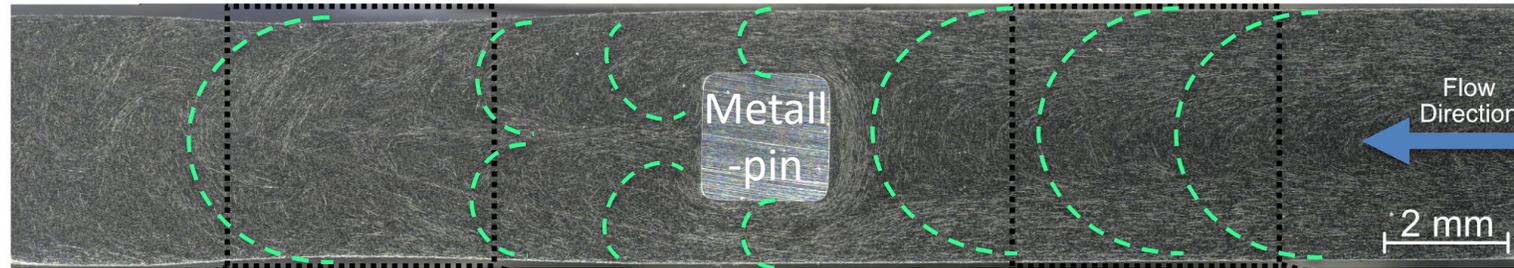
# Forschungsvorhaben



S.T. Peters, *Handbook of Composites*, Springer Science & Business Media, Tonbridge, England, 1998, S. 542

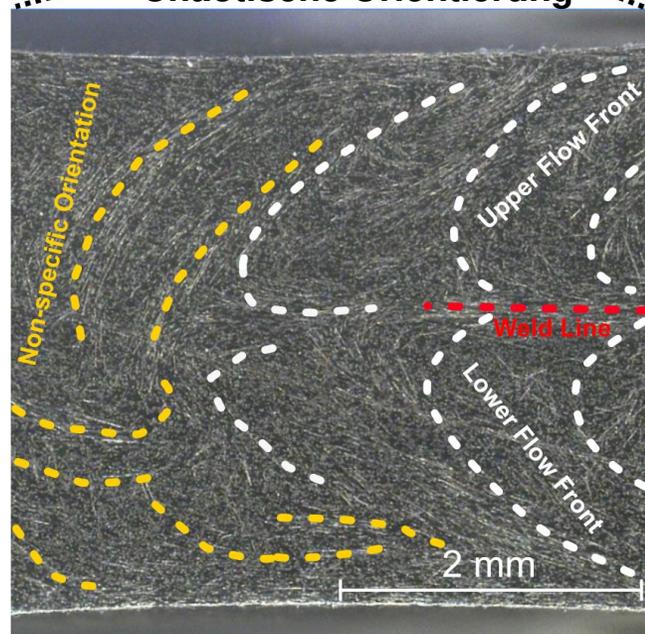


# Forschungsvorhaben

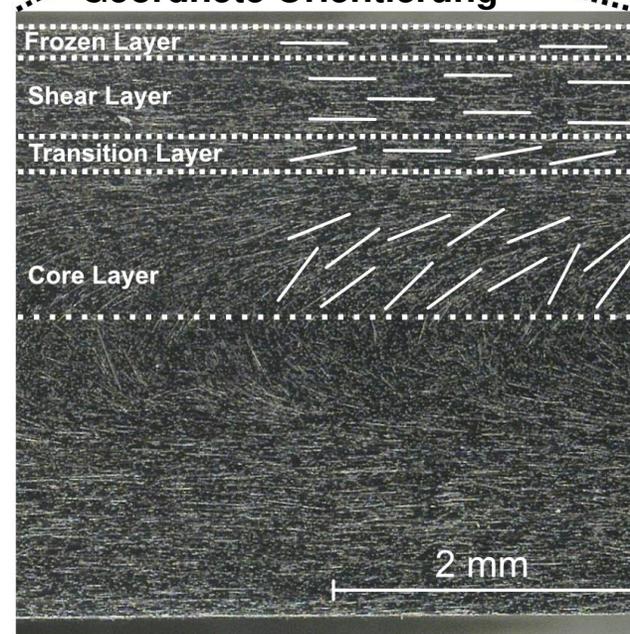


Fließrichtung

Chaotische Orientierung



Geordnete Orientierung

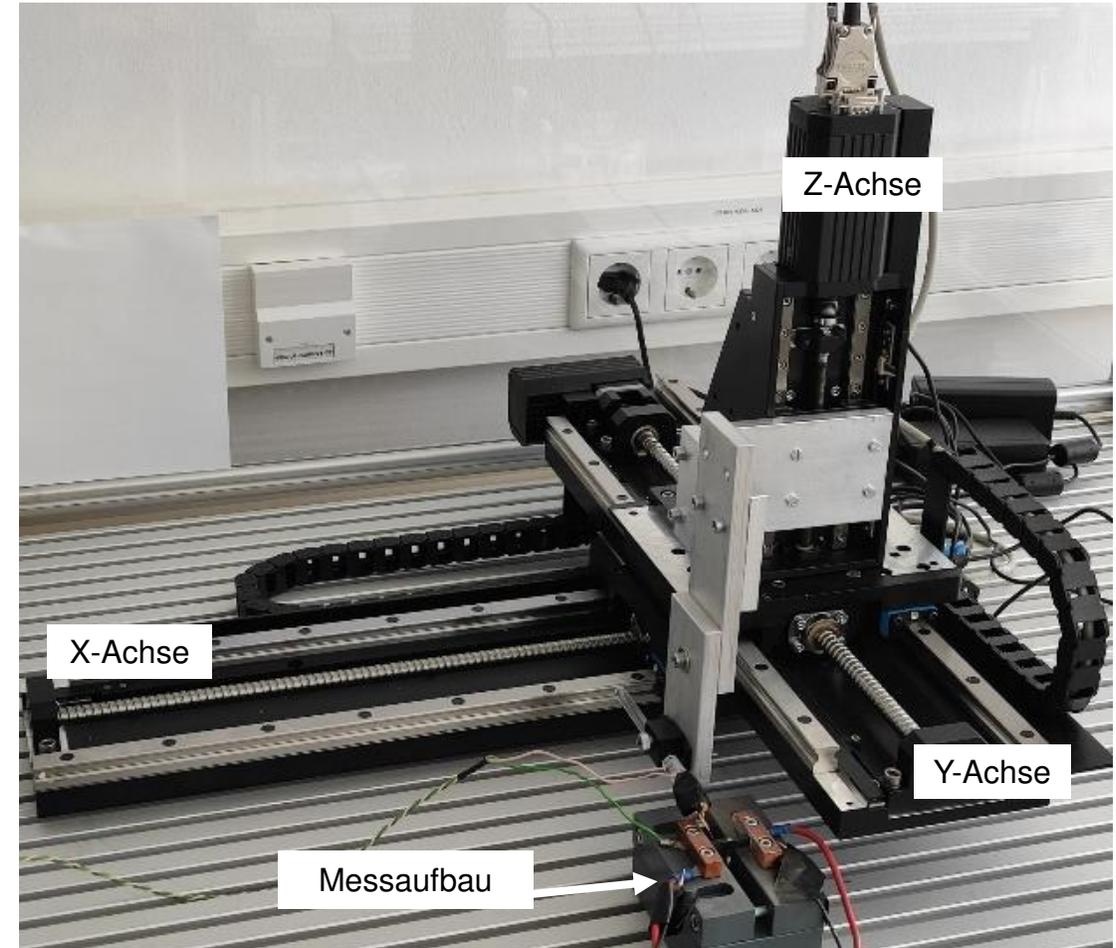
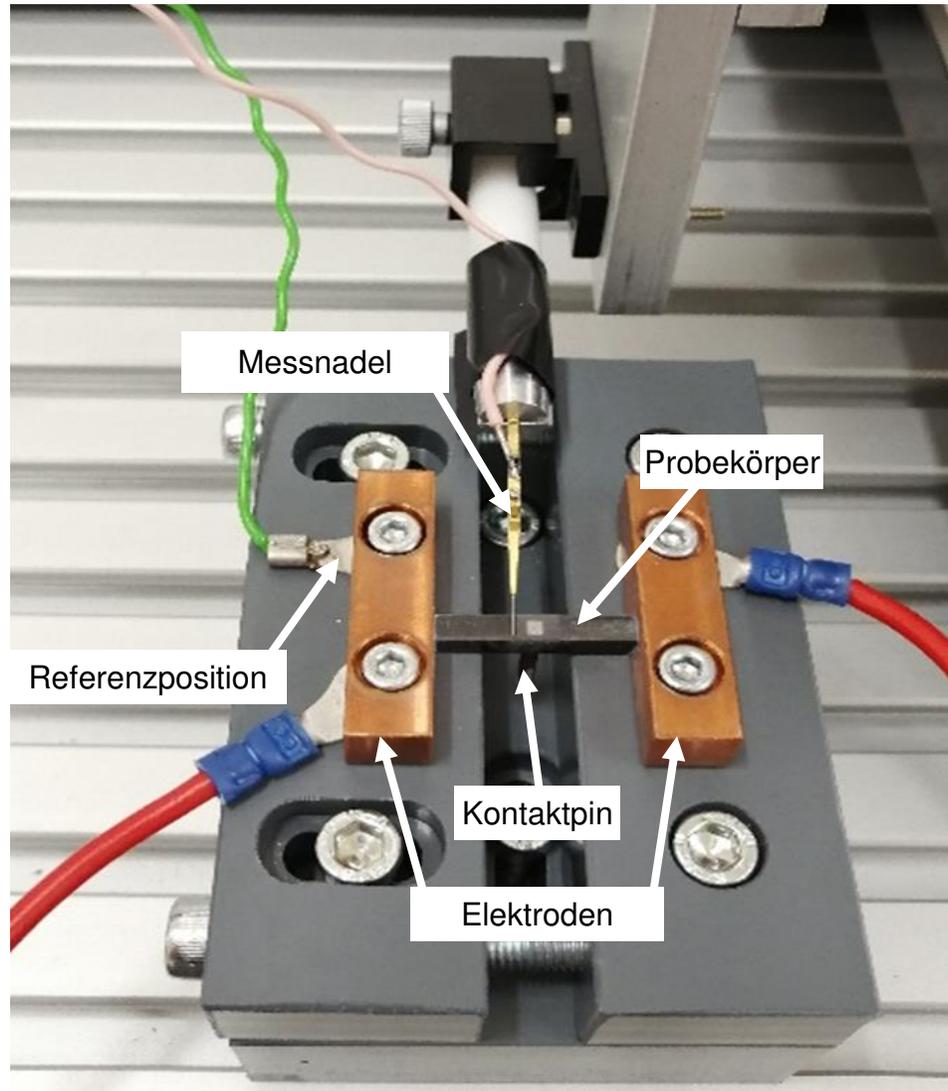


Polycarbonat mit 20%  
Carbonfasern

Eckel, E.; Wiegel, K.; Schlink, A.; Ayeub, M.; Brabetz, L.; Hartung, M.; Heim, H.-P. Determination of Local Electrical Properties Using a Potential Field Measurement for Electrically Conductive Carbon Fiber Reinforced Plastics with Metal Contact Pins Joined via Injection Molding. *Polymers* **2022**, *14*, 2805.

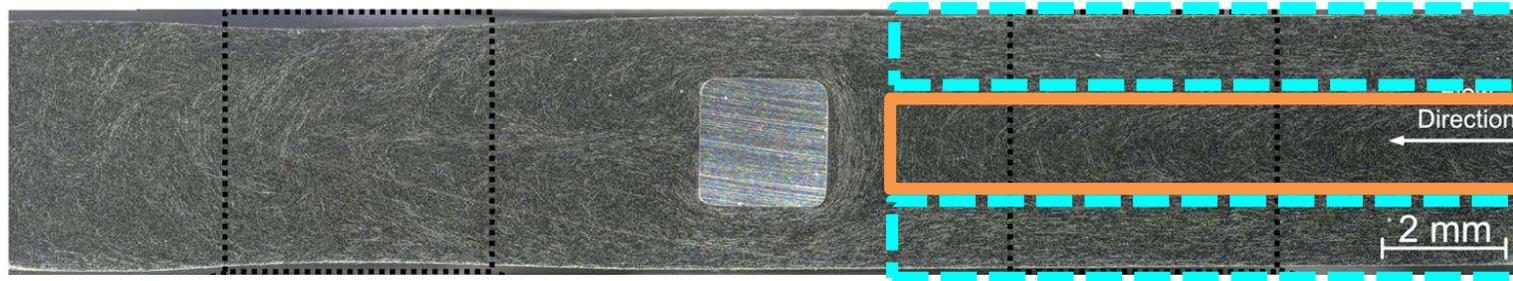


# Forschungsvorhaben

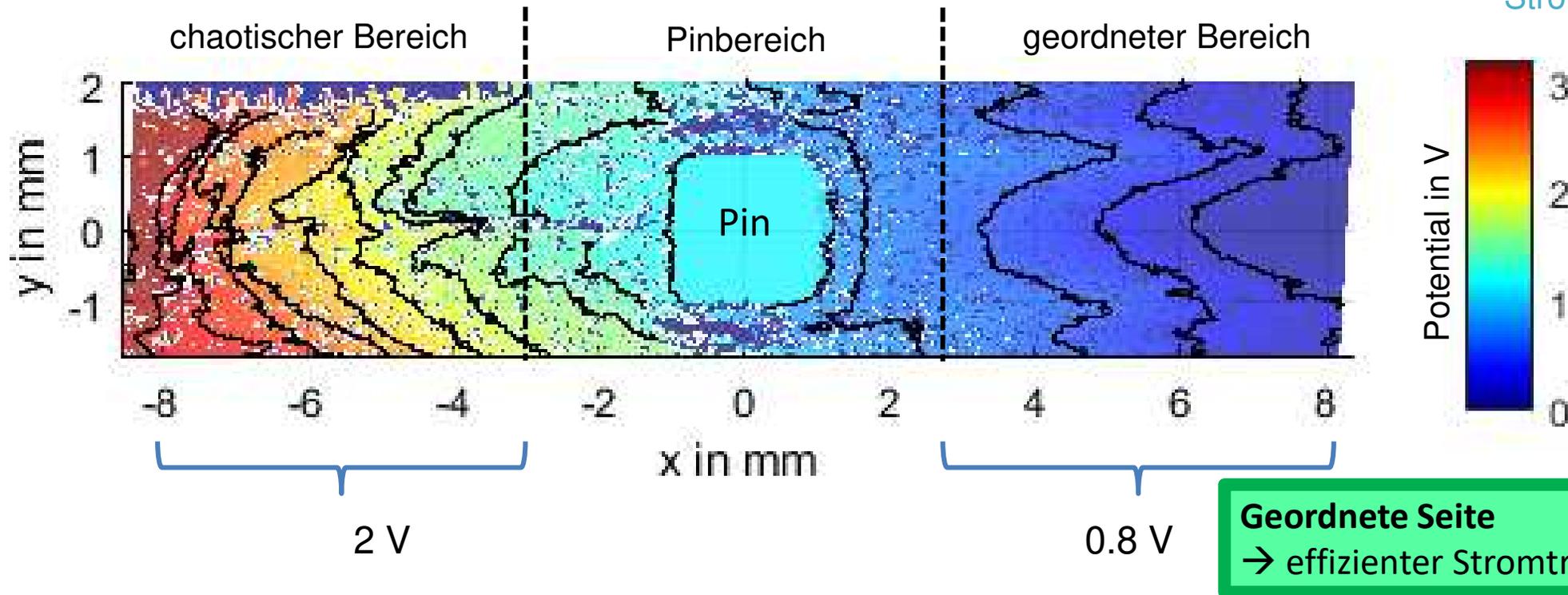




# Forschungsvorhaben

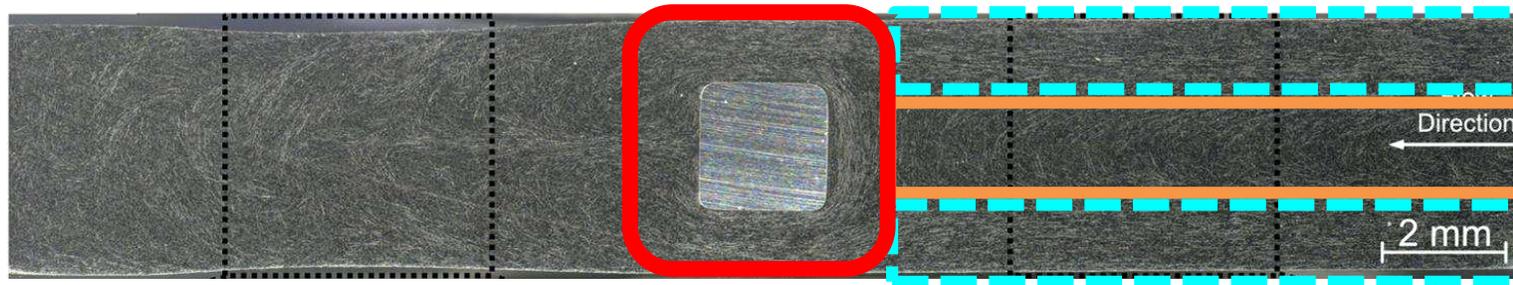


Faserorientierung quer zur Stromrichtung  
Faserorientierung entlang der Stromrichtung

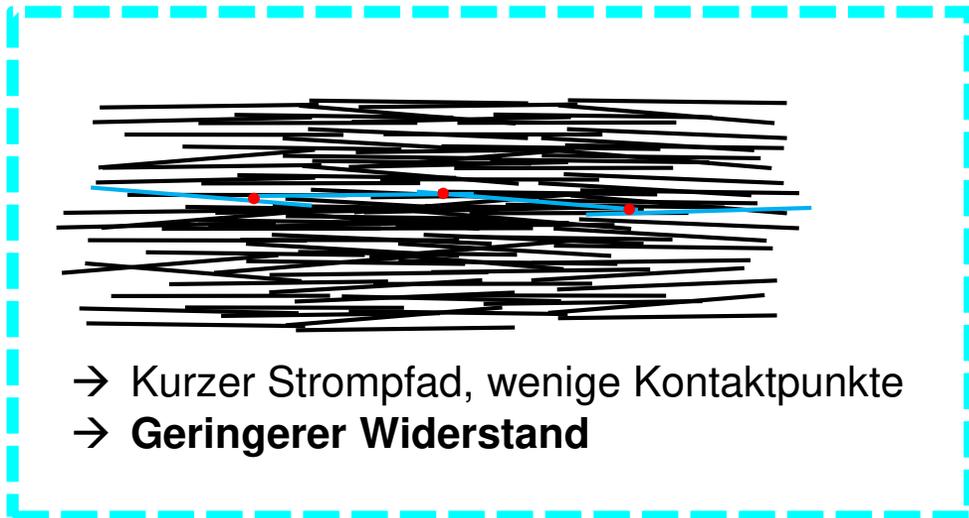




# Forschungsvorhaben



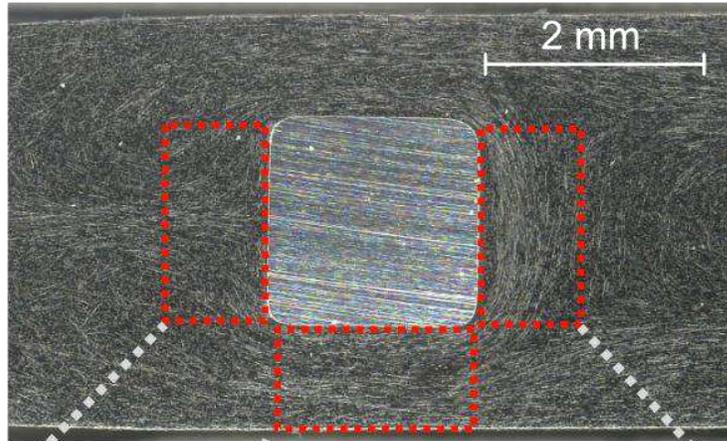
Faserorientierung quer zur Stromrichtung  
Faserorientierung entlang der Stromrichtung



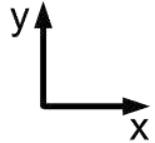
**schwarz:** Carbonfasern  
**blau:** Strompfad  
**rot:** Kontaktpunkte entlang des Strompfads



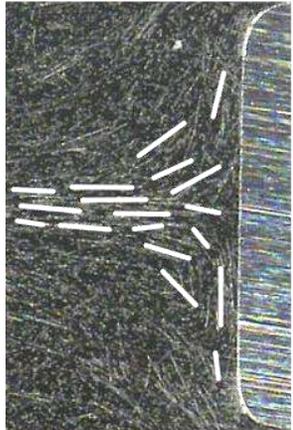
# Forschungsvorhaben



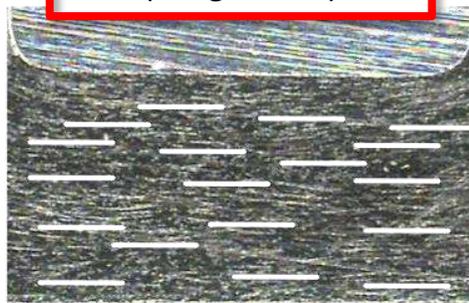
Polycarbonat mit 20% Carbonfasern



Faserorientierung senkrecht zur Pinoberfläche

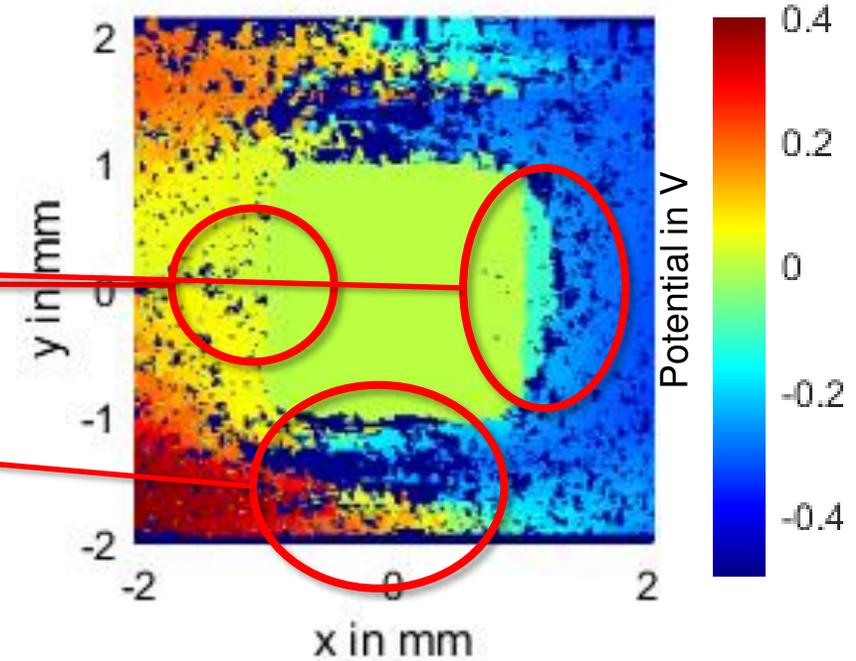
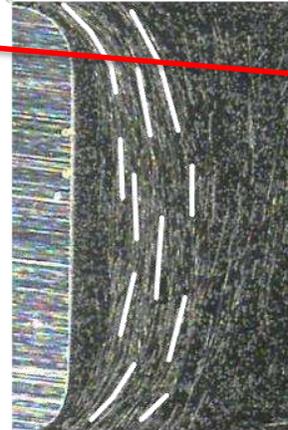


Faserorientierung parallel zur Pinoberfläche (Engstelle)



2 mm

Faserorientierung parallel zur Pinoberfläche



**Geordnete Seite**  
→ effizienter Stromtransport  
→ **aber:** schlechte Kontaktierung



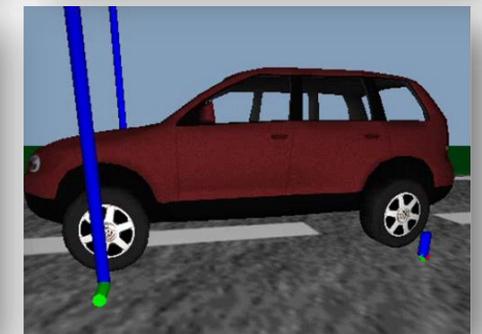
- Von oberflächlicher **2D**-Kontaktstelle → **3D**-Kontaktfläche
- **Modell** zur Bestimmung des **Kontaktwiderstands** (inkl. Validierung)
- **Optimierung** des elektrischen **Kontaktwiderstands** zwischen Metall und elektrisch-leitfähigen Kunststoffen



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-NanoSc. Klara Wiegel  
Universität Kassel  
Fahrzeugsysteme und Grundlagen der Elektrotechnik

E-Mail: [wiegel@uni-kassel.de](mailto:wiegel@uni-kassel.de)  
URL: <https://www.uni-kassel.de/eecs/fsg/home>





- ❖ Ravishankar B, Nayak SK, Kader MA. Hybrid composites for automotive applications – A review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2019;38(18):835-845.
- ❖ Friedrich, K., Almajid, A.A. Manufacturing Aspects of Advanced Polymer Composites for Automotive Applications. *Appl Compos Mater* **20**, 107–128 (2013).
- ❖ Hopmann, Ch., Fragner, J. Verbesserte Leitfähigkeit von Kunststoffen. *Kunststoffe* 12/2011.
- ❖ Eckel, E.; Wiegel, K.; Schlink, A.; Ayeb, M.; Brabetz, L.; Hartung, M.; Heim, H.-P. Determination of Local Electrical Properties Using a Potential Field Measurement for Electrically Conductive Carbon Fiber Reinforced Plastics with Metal Contact Pins Joined via Injection Molding. *Polymers* **2022**, *14*, 2805.