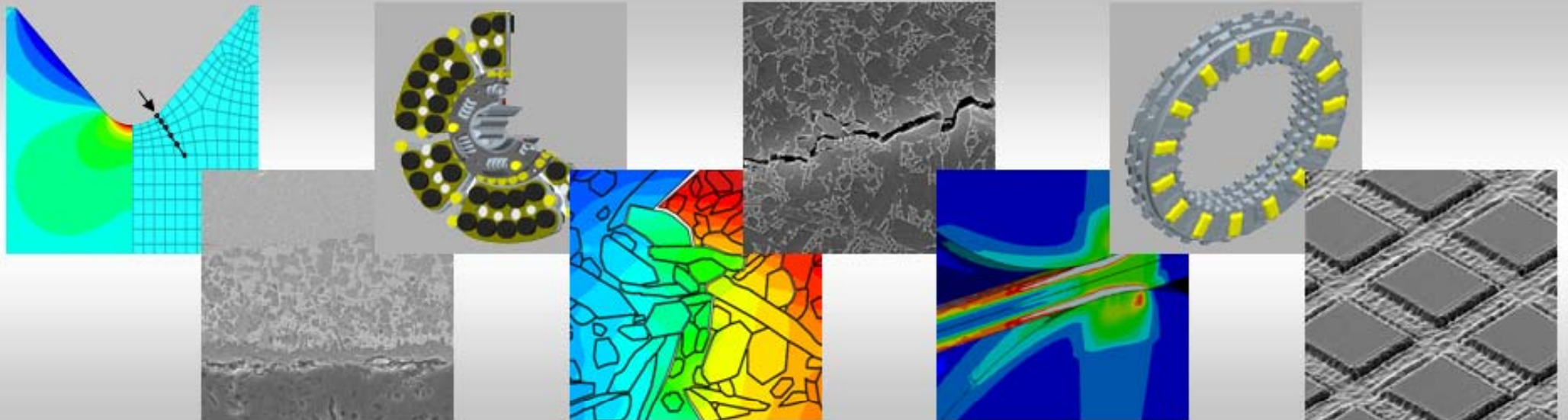


Scherfestigkeit und tribologisches Verhalten von lasergelöteten Keramik-Stahl-Verbunden

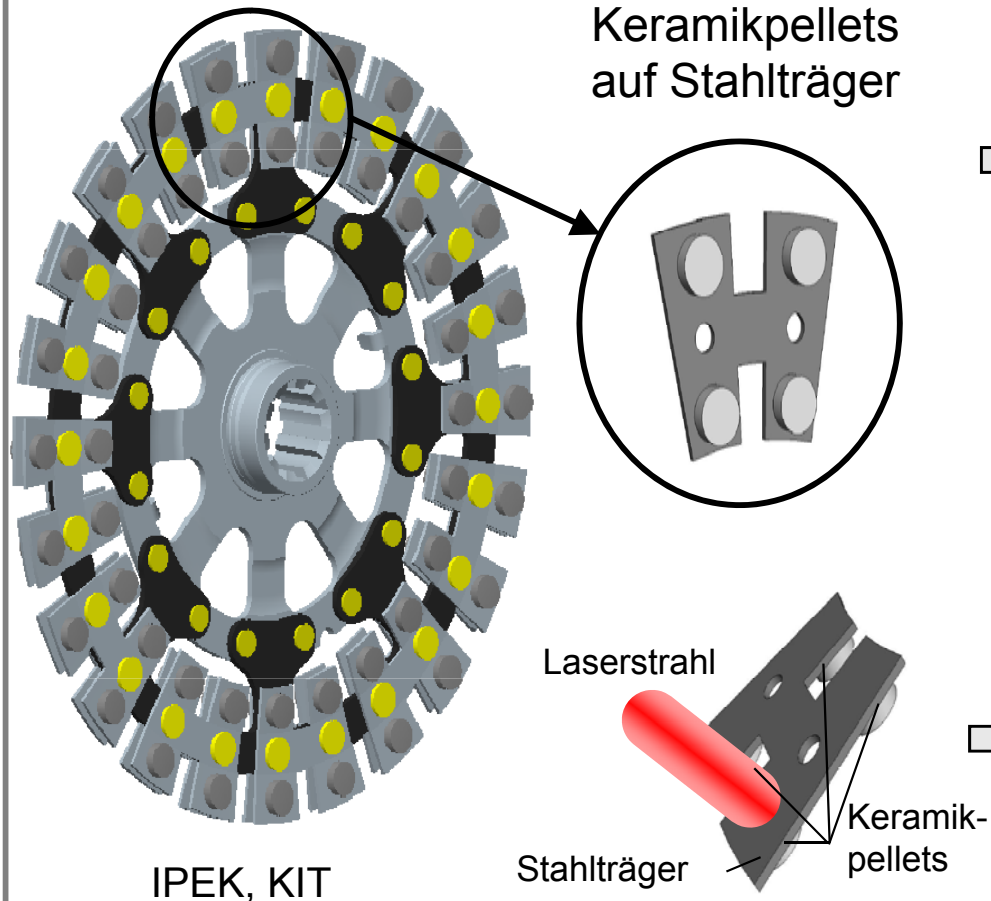
J. Schneider, I. Südmeyer, M. Rohde
Institut für Angewandte Materialien - IAM

Sonderforschungsbereich 483 -- Hochbeanspruchte Gleit- und Friktionssysteme auf Basis ingenieurkeramischer Werkstoffe

*sfb*₄₈₃



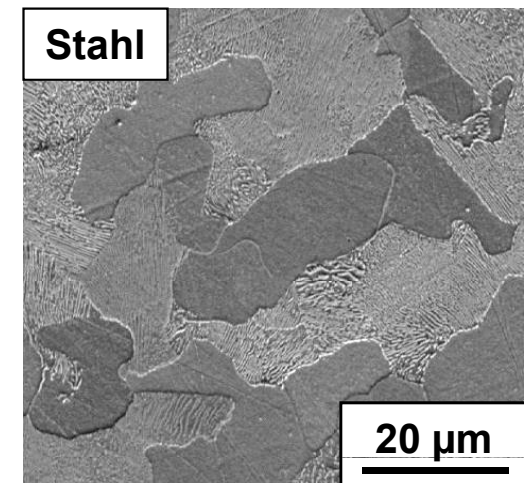
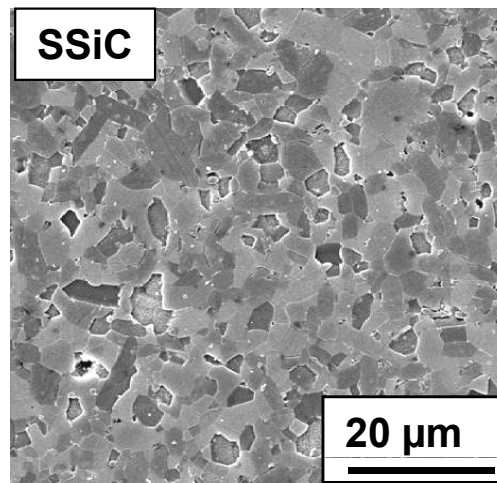
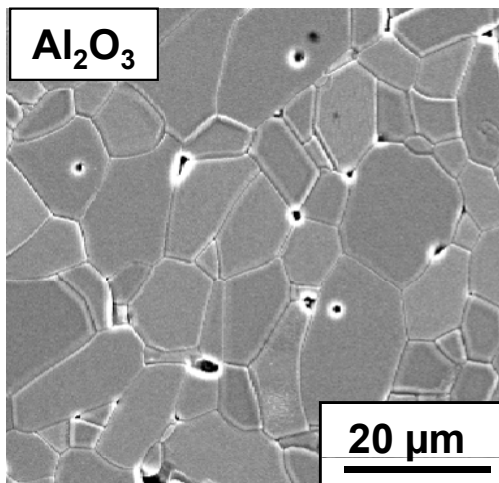
Keramikkupplung



Vorteile des Laserlötens:

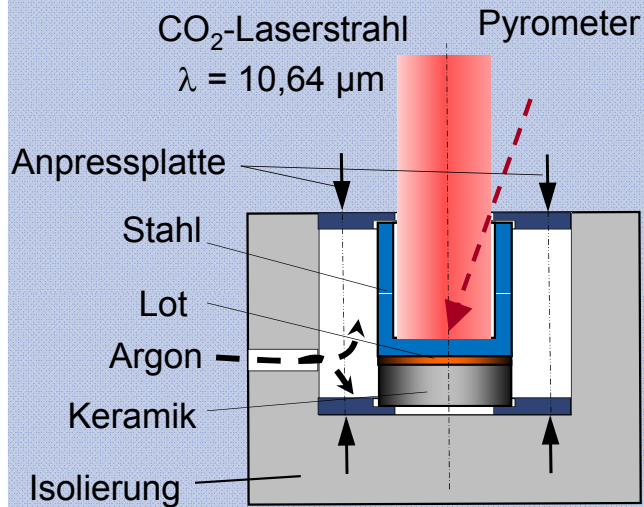
- Selektiver Wärmeeintrag
- geringe Deformation des Stahls
- kurze Prozesszeiten realisierbar
- geometrische Flexibilität

Eigenschaft \ Material	Al ₂ O ₃	SSiC	Stahl	Incusil-Lot	50Sn48Ag2Ti
Hersteller	Friatec AG	ESK Ceramics	IAISI 1045	Morgan Chem.	KIT IAM
Dichte ρ / g/cm ³	3,9	3,0	7,8	9,7	8,3
Festigkeit σ / MPa	350	400	560-710	338	-
E-Modul E / GPa	380	410	210	76	68
Wärmeleitfähigkeit λ , W/mK	38	145	44	166	-
Ausdehnungskoeffizient α , 10 ⁻⁶ m/K	8,4	4,1	11,0	18,2	-



Laserlötung

Prozess-Anordnung



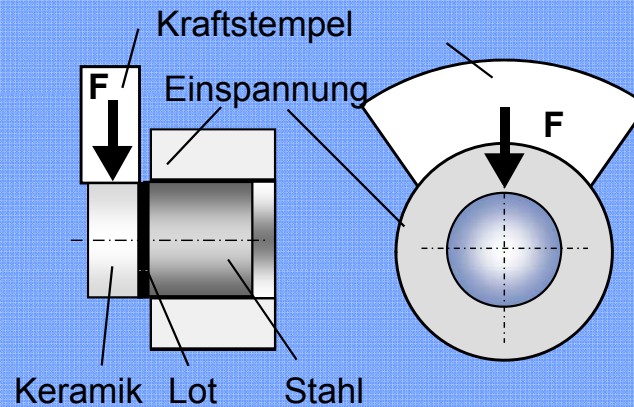
Prozessbedingungen

- Laser-Rohstrahl
- Argonstrom ≥ 400 NI/h
- Druck $p \geq 2$ MPa
- Temperaturmessung

IAM-AWP

Festigkeitsversuche

Scherversuch



Scherfestigkeit

$$\tau = \frac{P_F}{\pi \cdot R^2}$$

P_F : Bruchlast

R : Probenradius

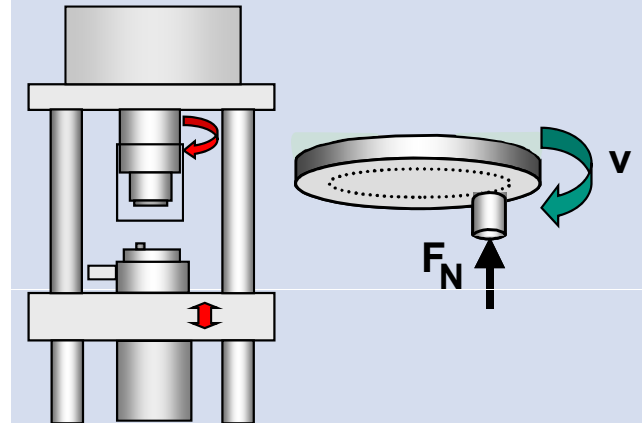
τ : Bruchspannung

m : Weibullmodul m

IAM-AWP

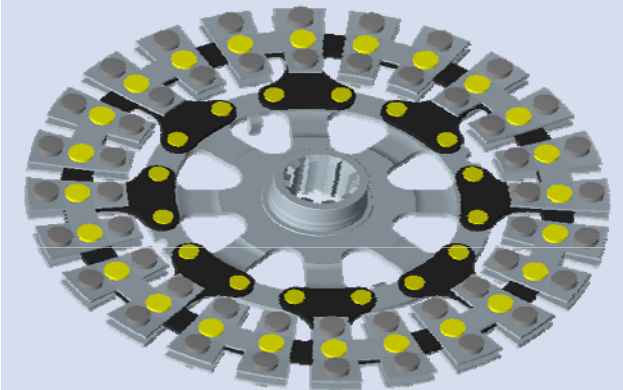
Tribologie

Pellet / Scheibe-Versuche



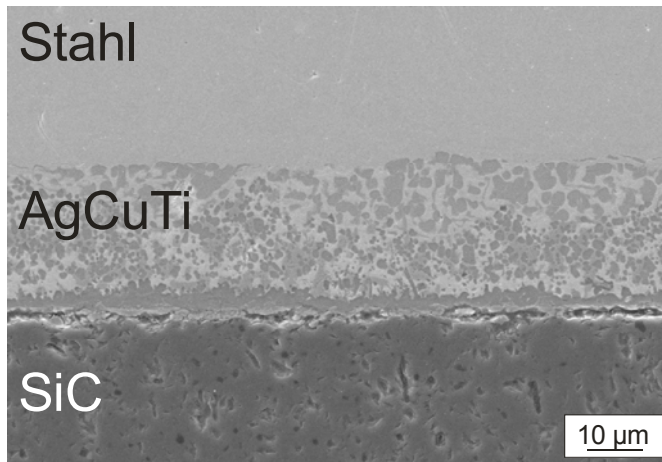
IAM-ZBS

Trockenkupplung

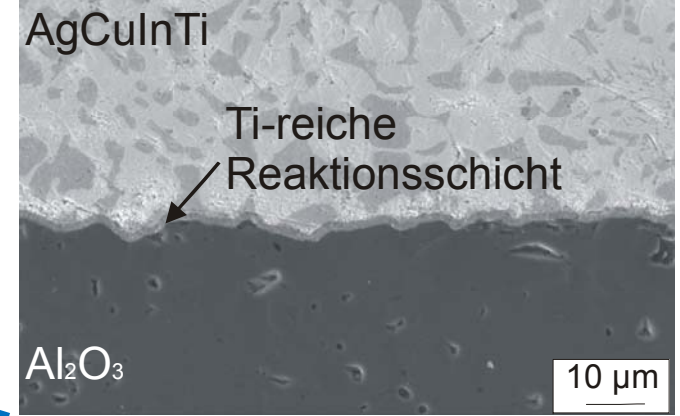
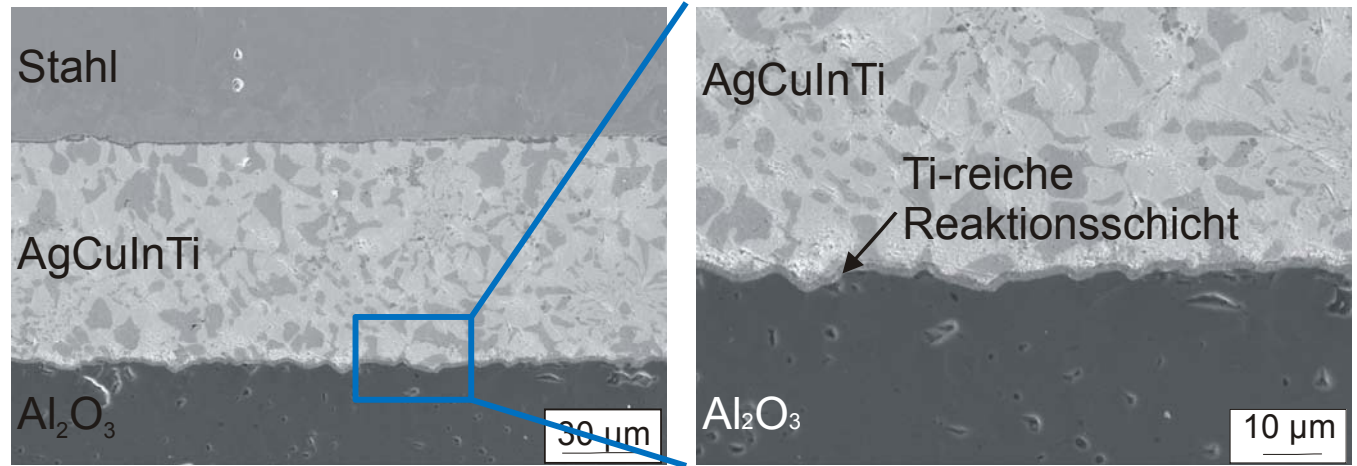


IPEK

SiC / AgCuTi / Stahl

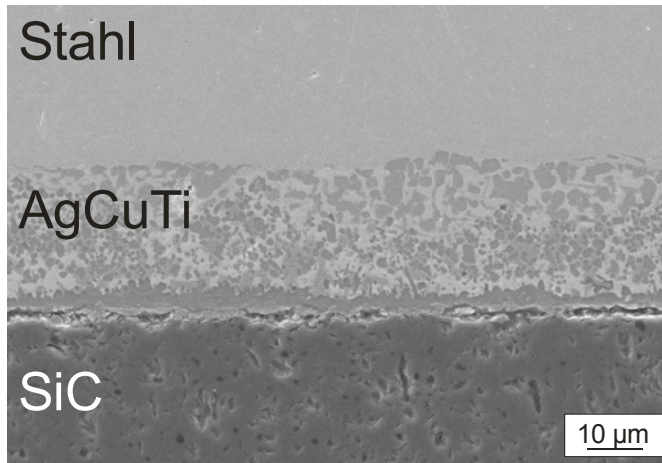


Al₂O₃ / AgCuInTi / Stahl

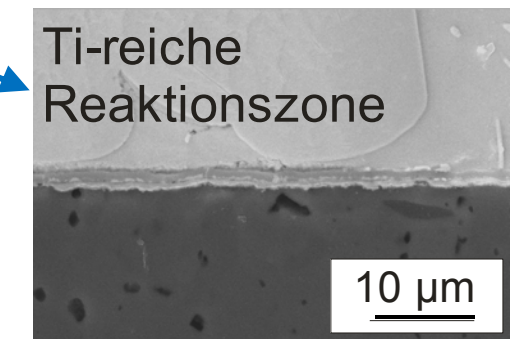
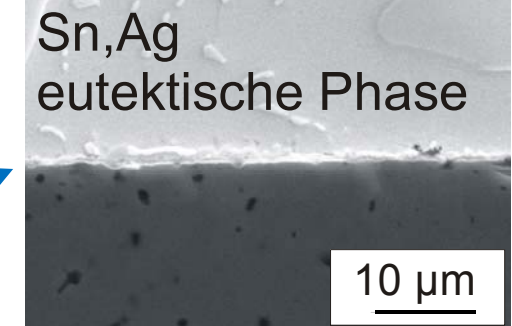
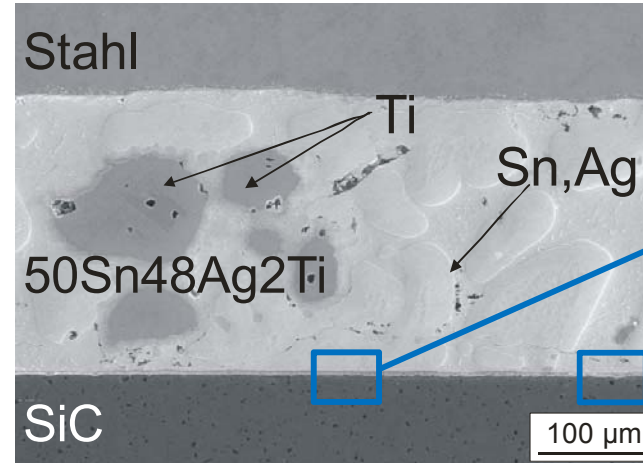


- Inhomogene oder keine Benetzung von SiC mit AgCuTi- und AgCuInTi-Loten trotz einer Ti reichen Reaktionszone
- Homogene, spaltfreie Benetzung und Ti-reiche Reaktionszone von Al₂O₃ mit AgCuTi- und AgCuInTi-Loten

SSiC / AgCuTi / Stahl

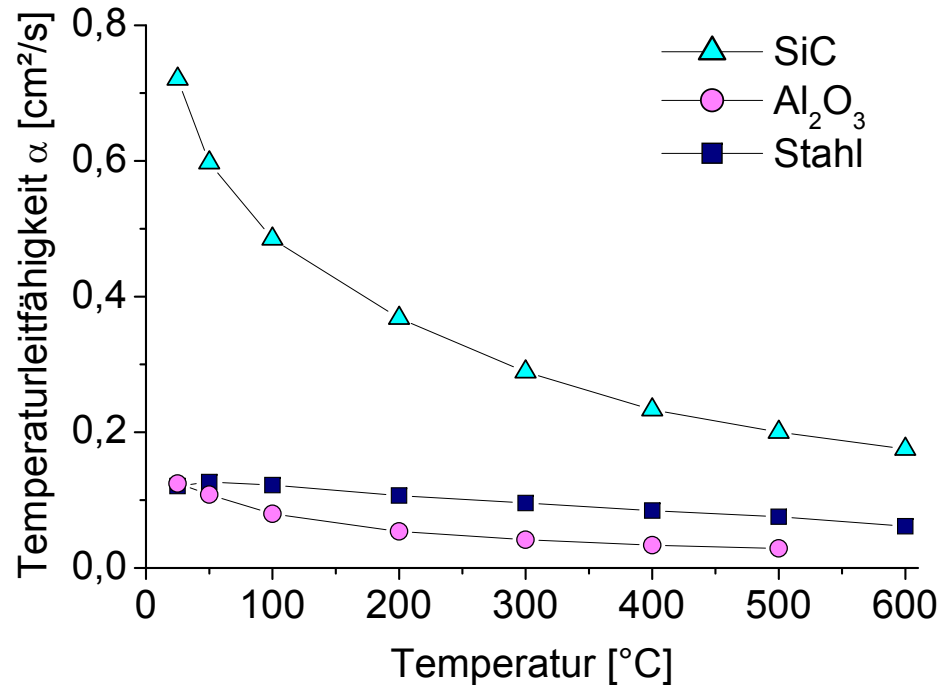


SSiC / 50Sn48Ag2Ti / Stahl

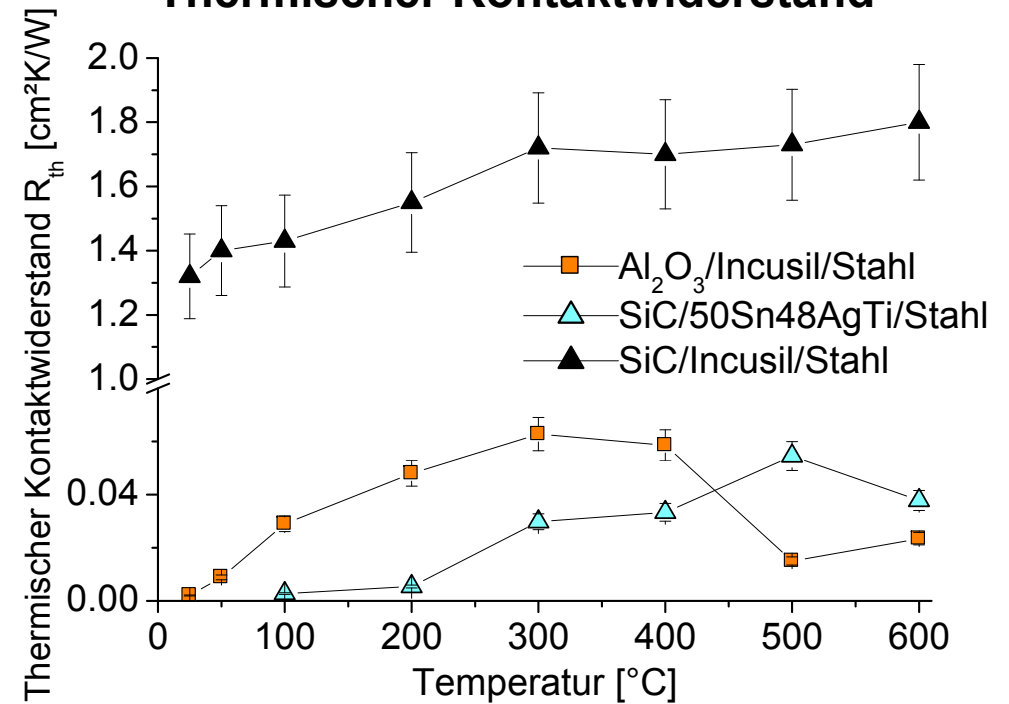


- Gute, spaltfreie Benetzung mit SnAgTi-Loten mit $\text{Sn} \geq 30\text{wt}\%$ oberhalb von $T \geq 900^\circ\text{C}$
- Dünne, inhomogene Ti reiche Reaktionszone
- Große Ti-Partikeln im Lotinneren

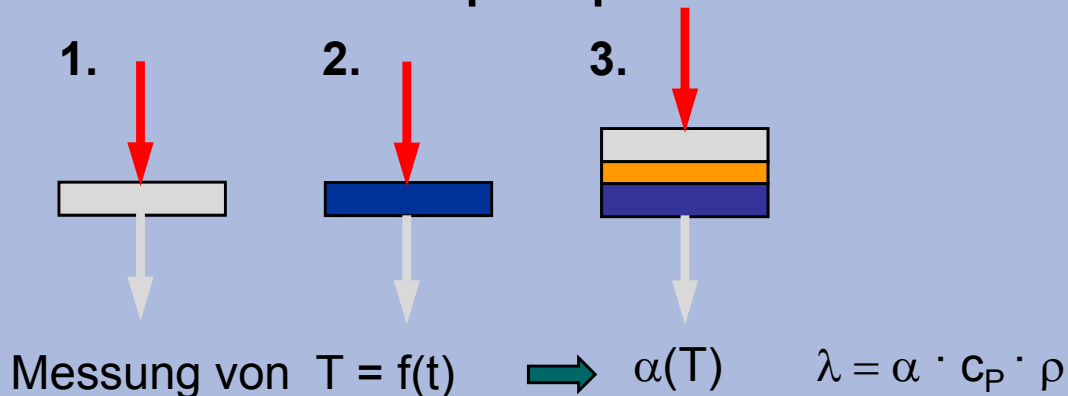
Temperaturleitfähigkeit



Thermischer Kontaktwiderstand

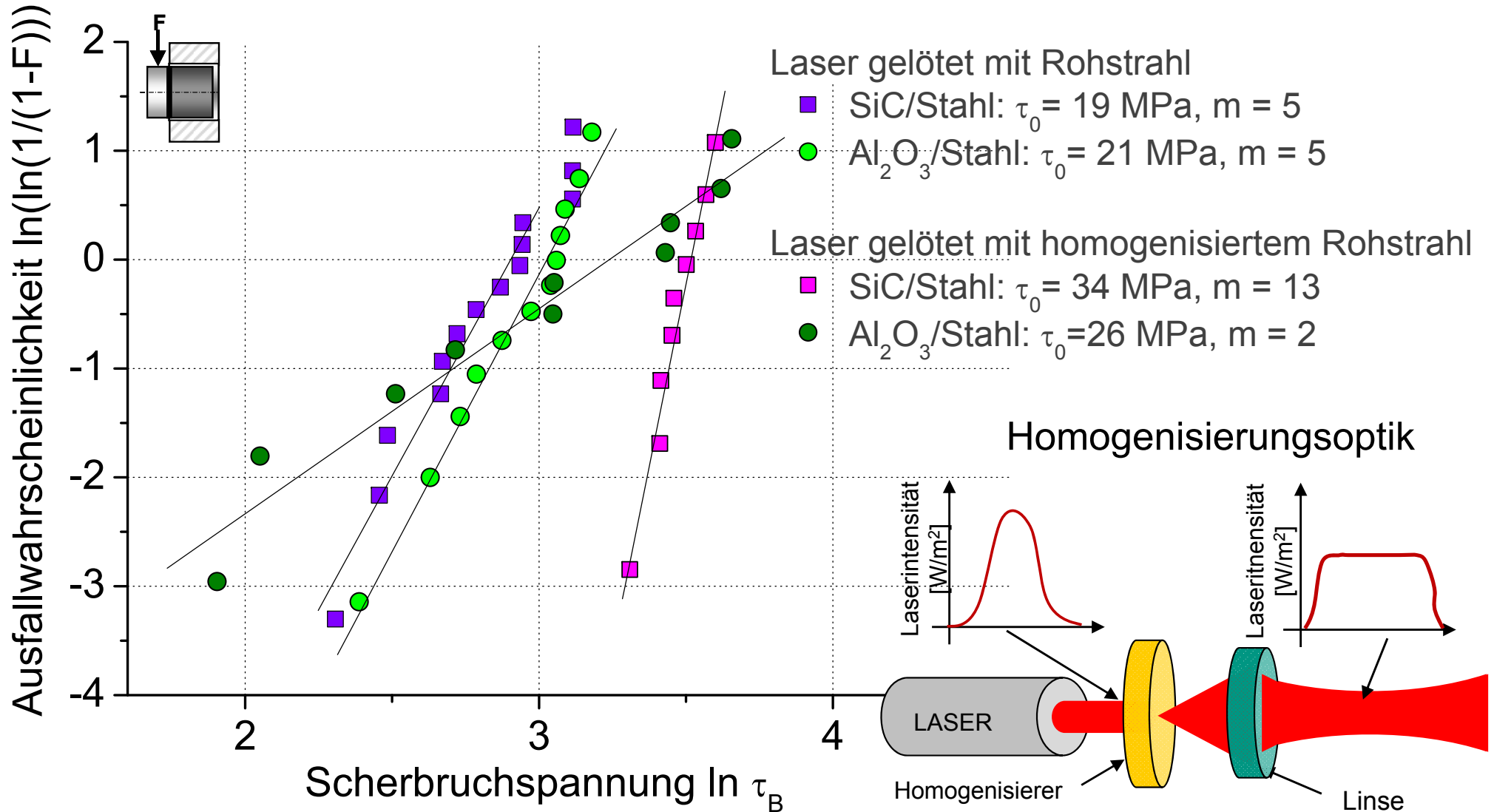


LFA - Messprinzip

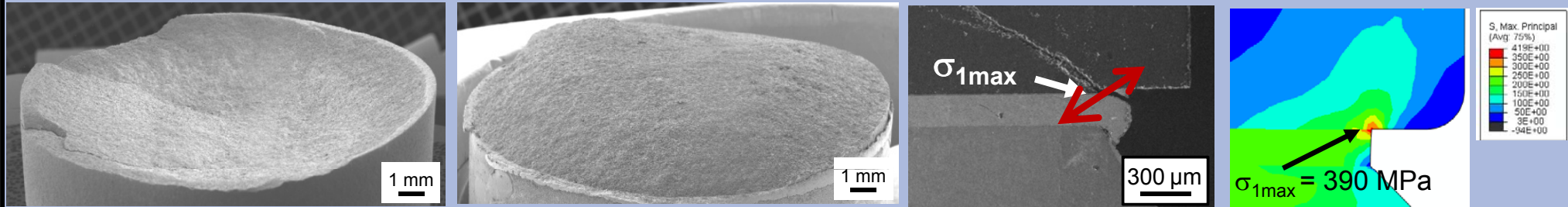


Berechnung von R_{th}

$$\frac{s_{Verbund}}{\lambda_{Verbund}} = \frac{s_{Keramik}}{\lambda_{Keramik}} + \frac{s_{Stahl}}{\lambda_{Stahl}} + \underbrace{\frac{s_{Interface}}{\lambda_{Interface}}}_{R_{th}}$$



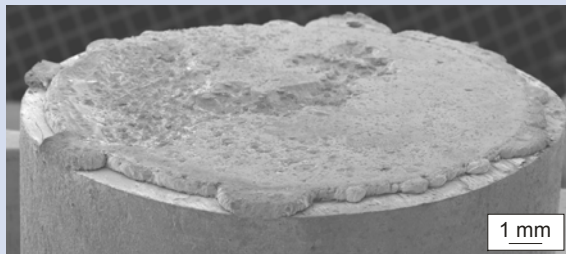
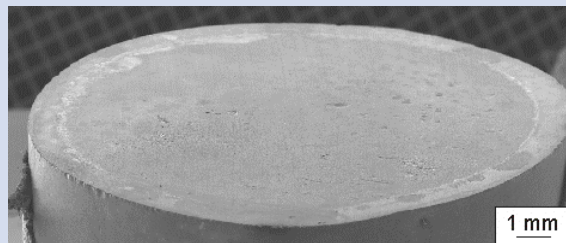
Al₂O₃



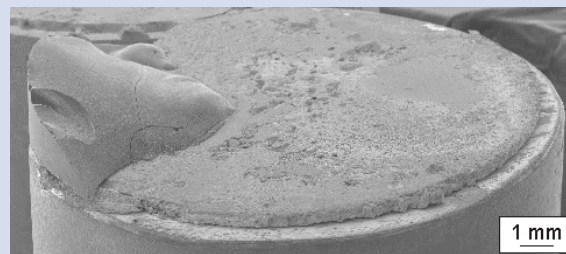
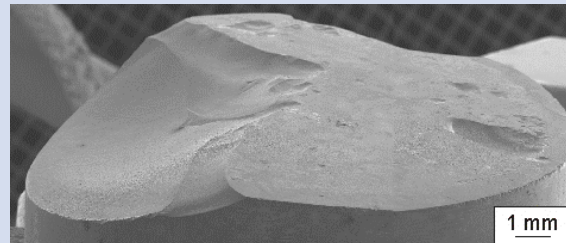
Gleichmäßige Benetzung mit homogener Ti-reicher Reaktionszone ➡ Versagen in Keramik

SiC

$\tau_{\text{Bruch}} \leq 15 \text{ MPa}$

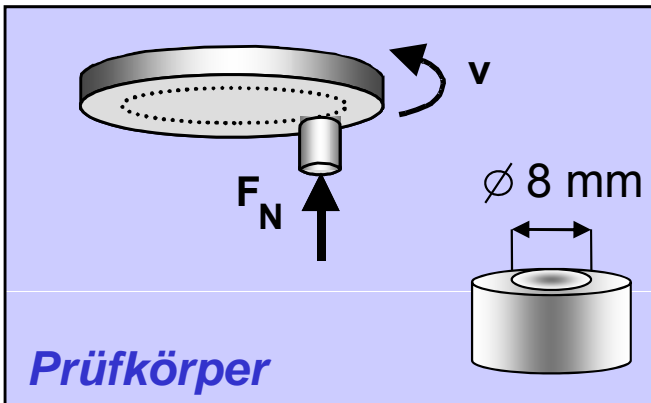


$\tau_{\text{Bruch}} \geq 25 \text{ MPa}$



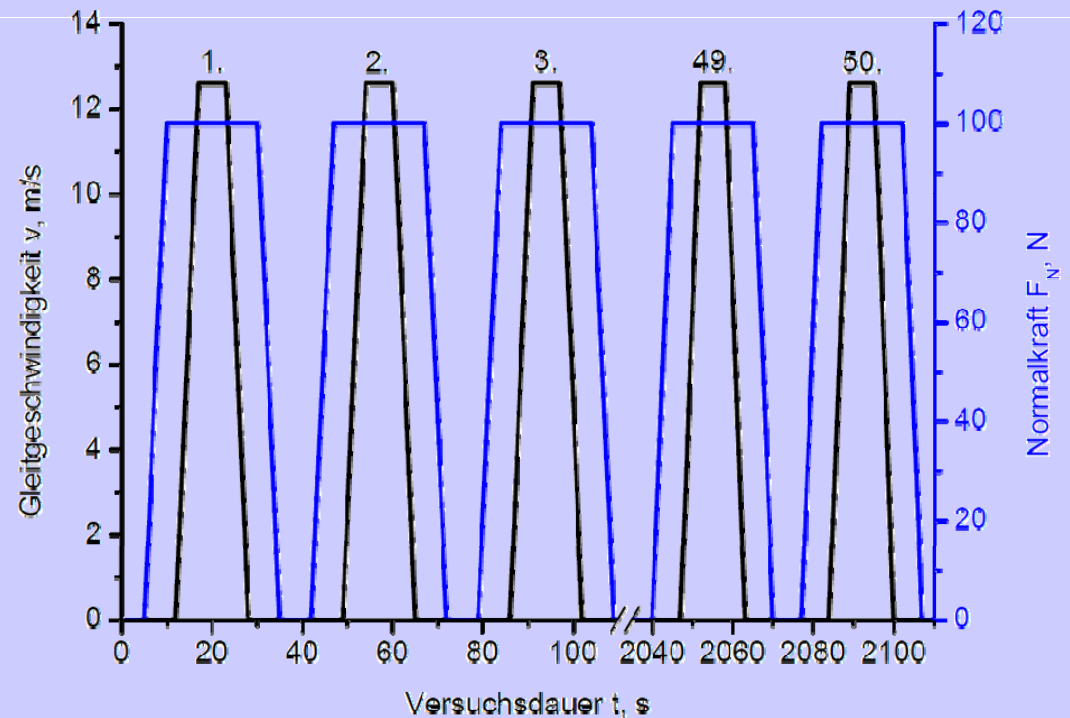
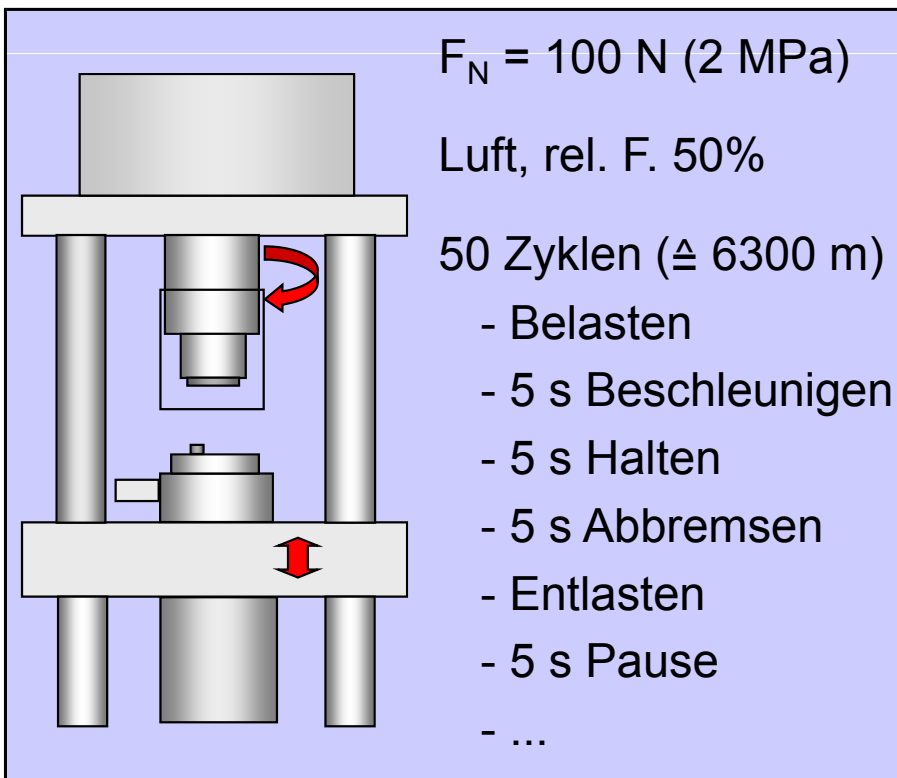
Gleichmäßige Benetzung mit inhomogener Ti-reicher Reaktionszone

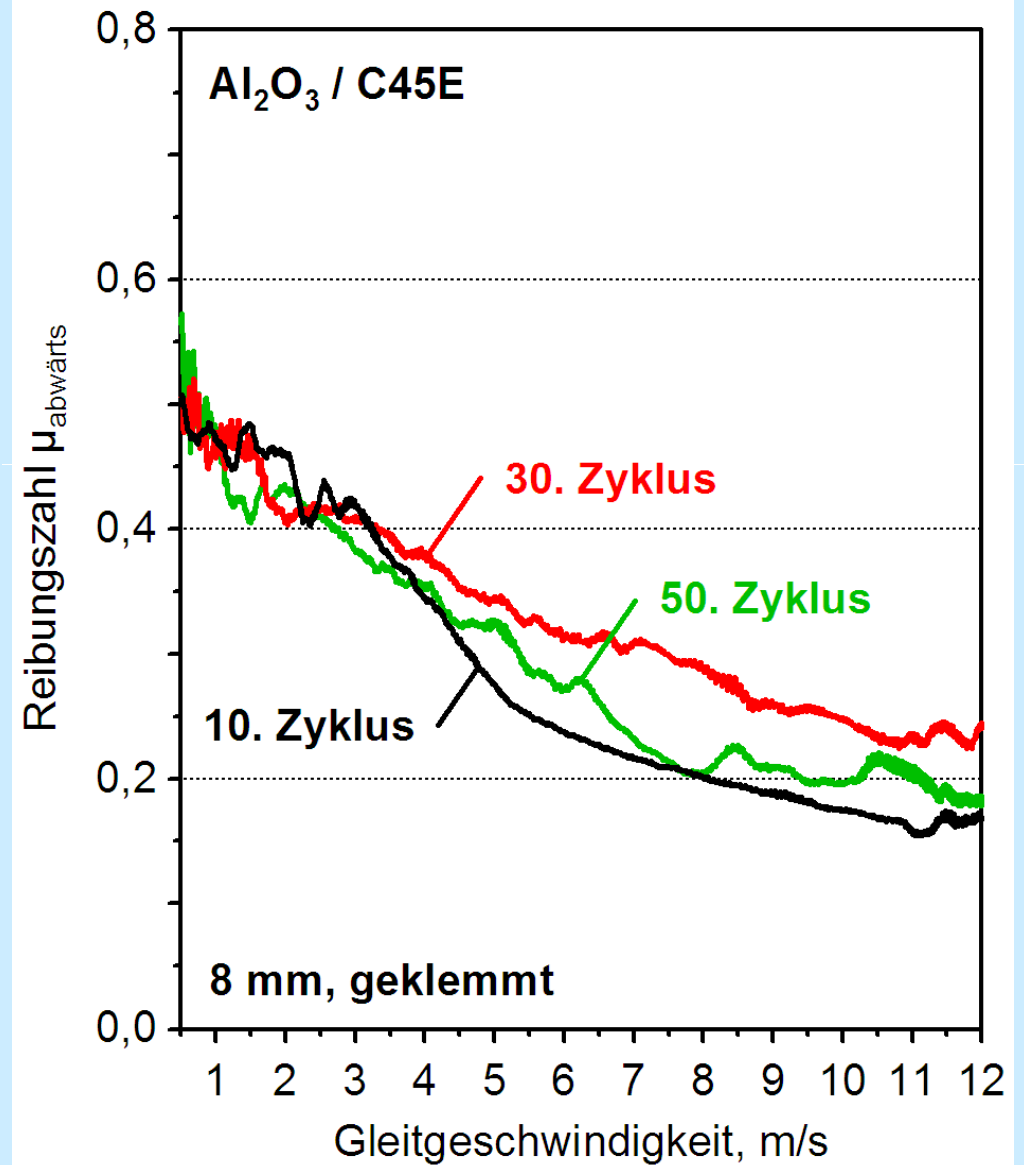
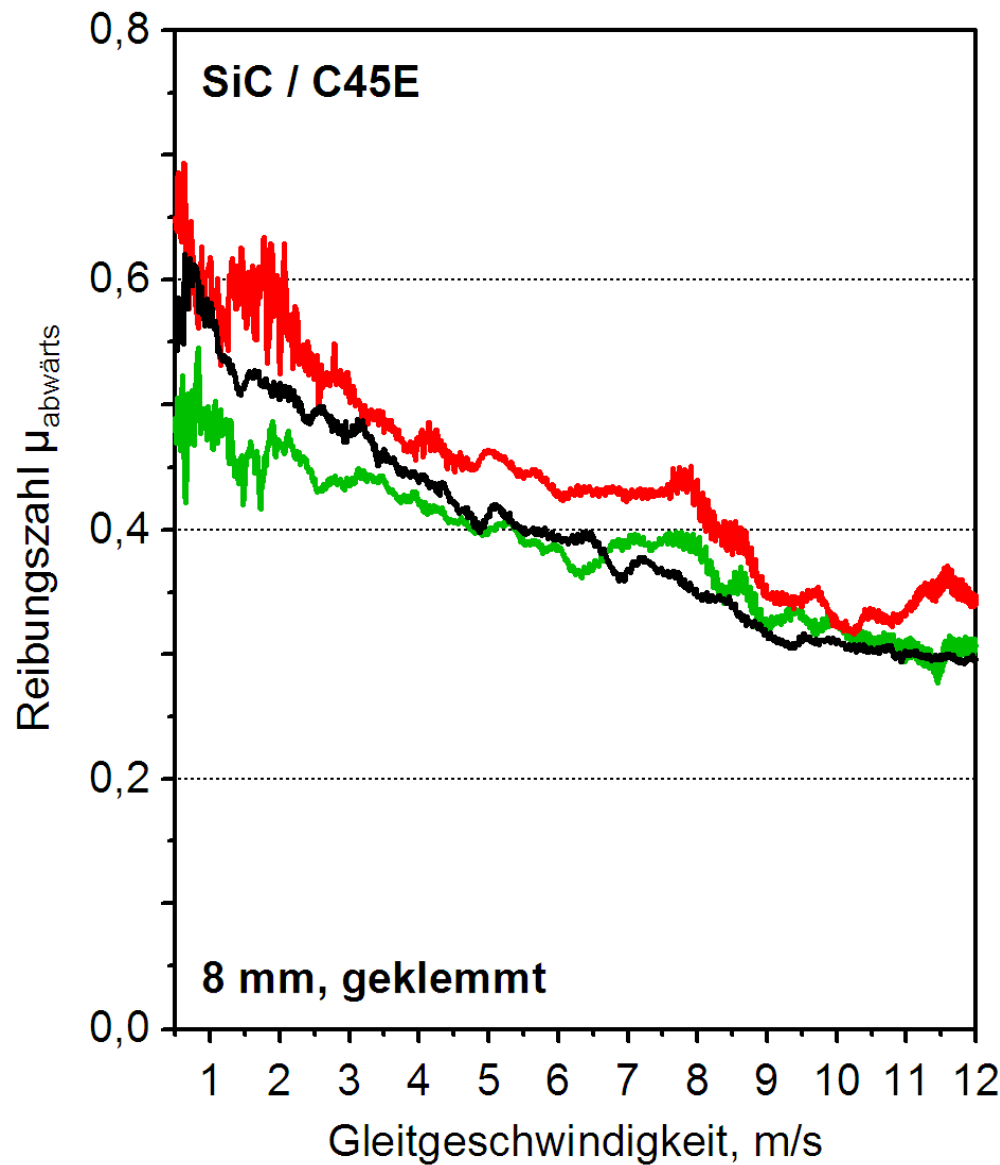
➡ Versagen teils in der Keramik / teils in der Grenzfläche



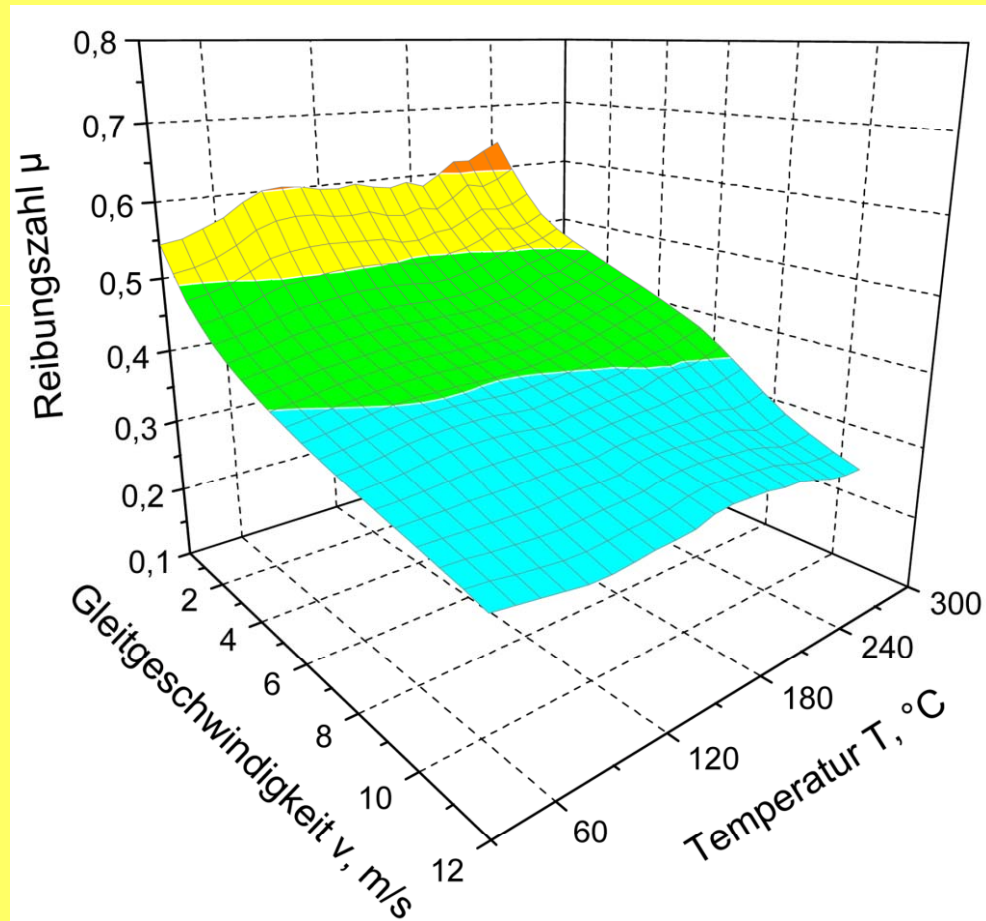
Scheibe C45E (normalisiert)

Pellet Al₂O₃ (vollkeramisch, lasergelötet)
SSiC (vollkeramisch, lasergelötet)

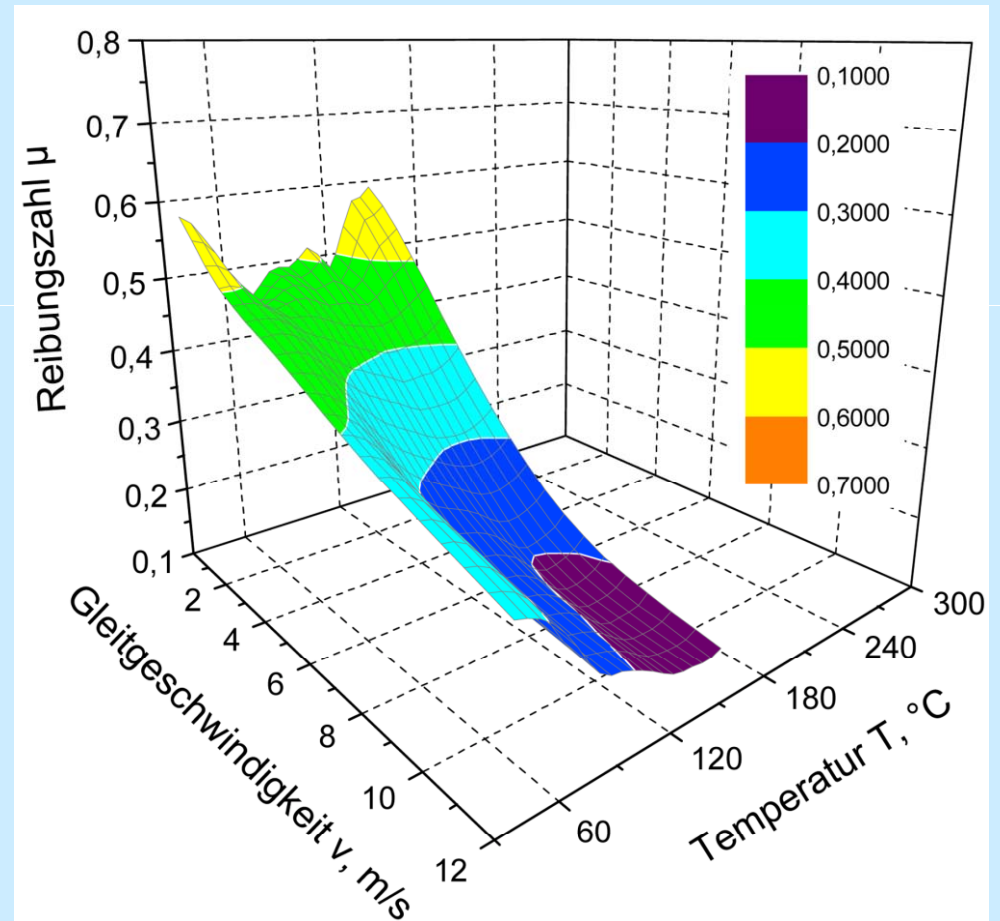




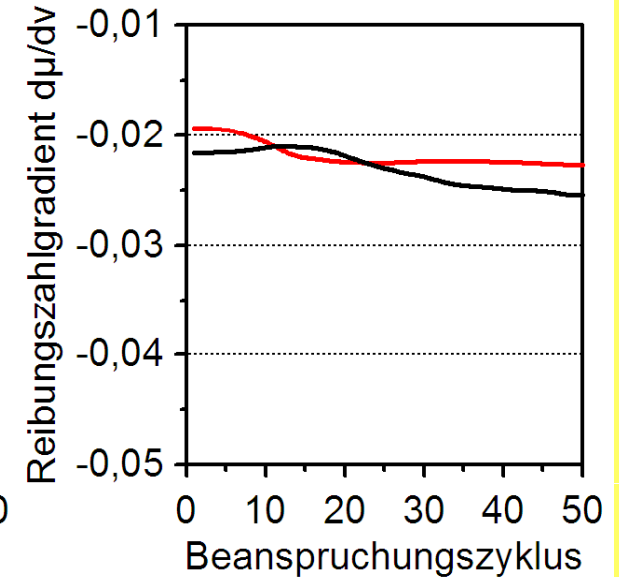
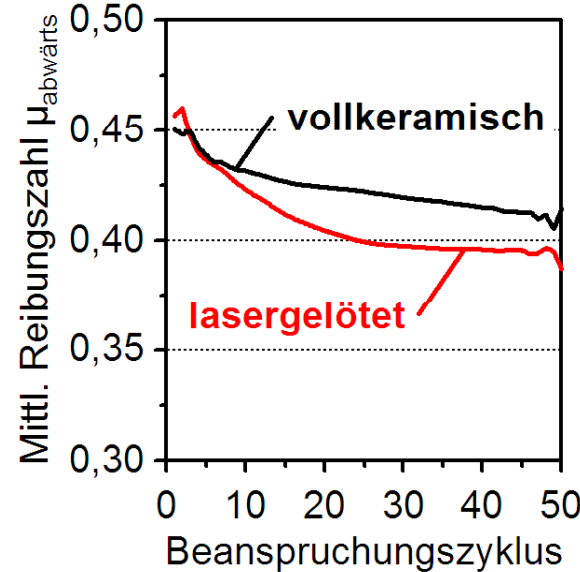
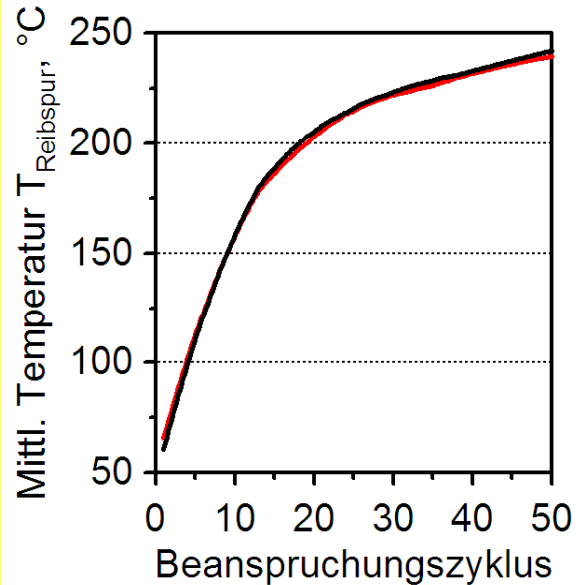
SSiC/C45E (vollkeramisch)



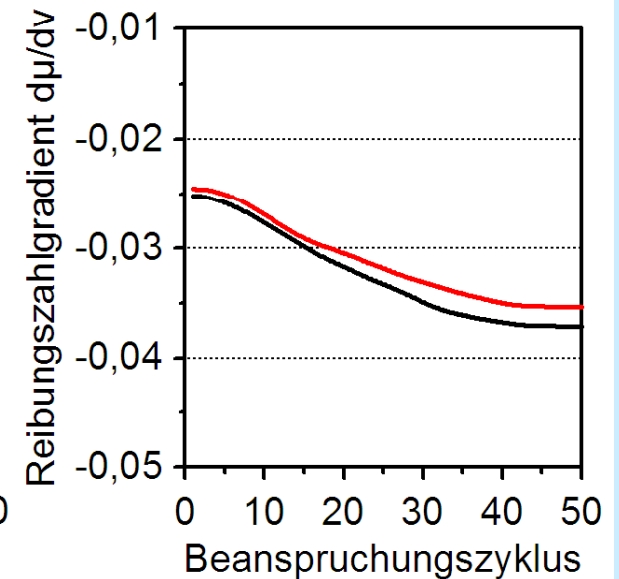
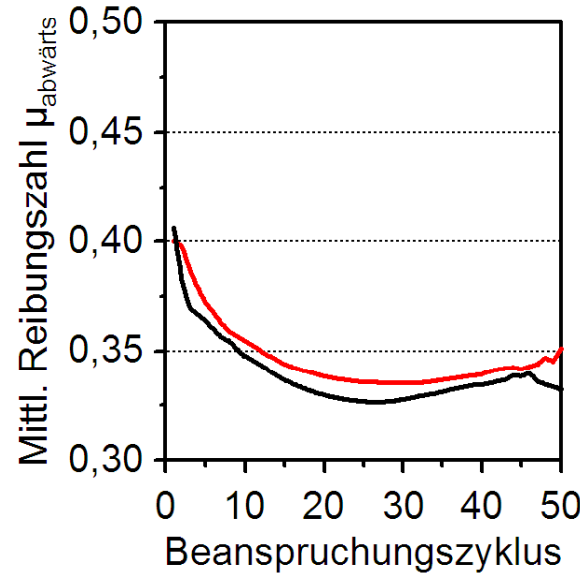
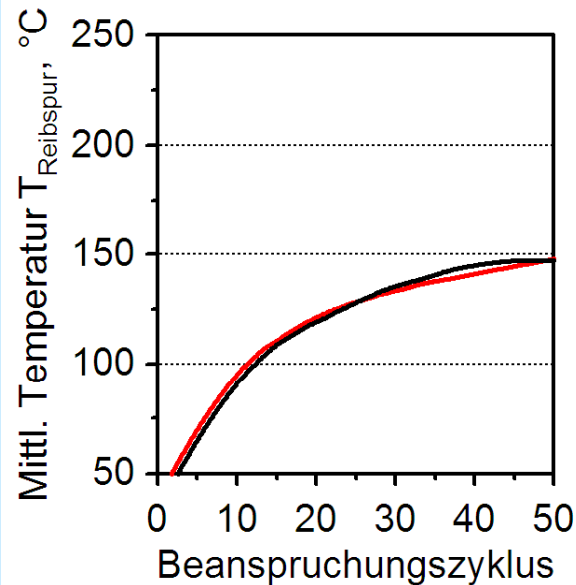
Al₂O₃/C45E (vollkeramisch)



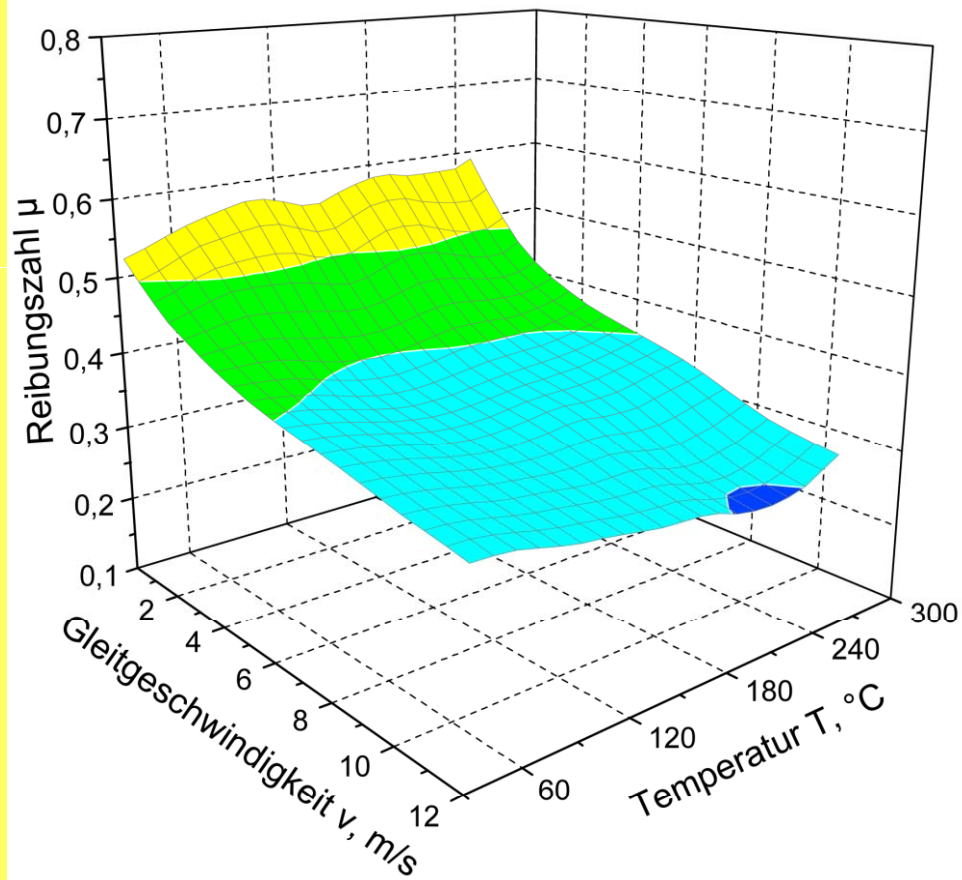
SSiC/C45E



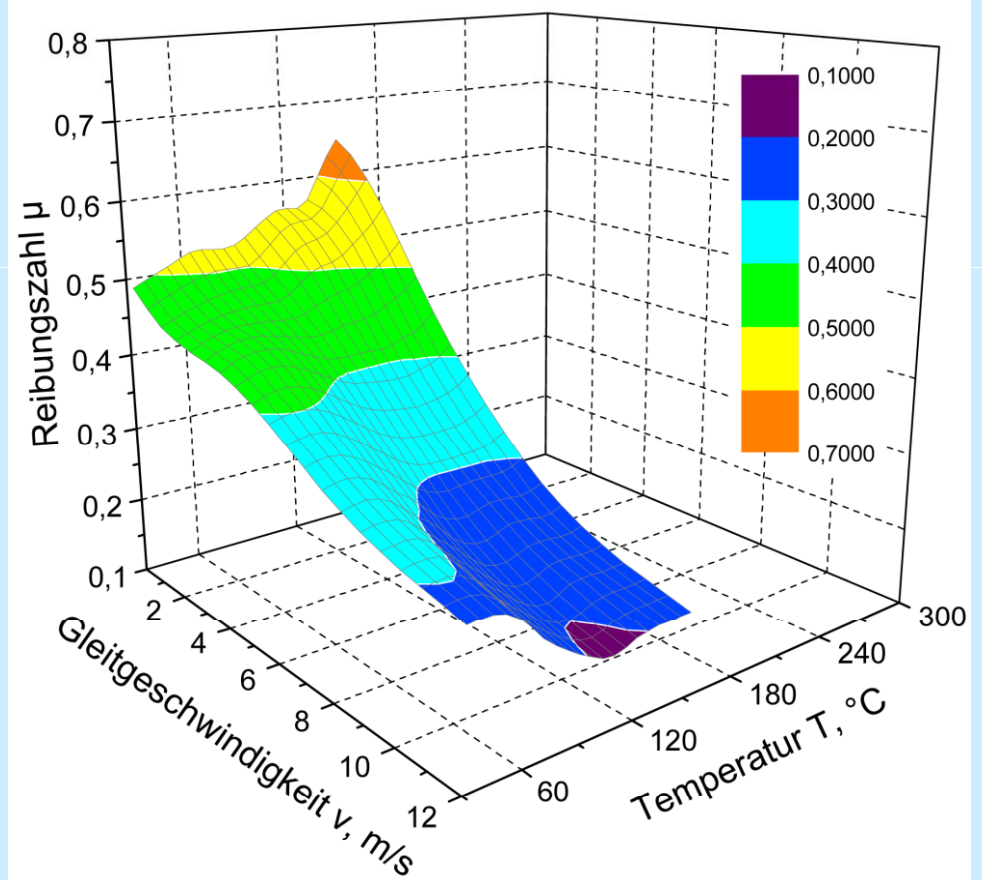
Al₂O₃/C45E



SSiC/C45E (lasergelötet)



Al₂O₃/C45E (lasergelötet)



■ **Lasergestütztes Fügen von Keramik/Stahl-Verbunden**

- Fügen von Al_2O_3 /Stahl-Verbunden problemlos mit kommerziellen Loten möglich
- Geeignete Lote und Prozesse zum Fügen von SiC/Stahl-Verbunden entwickelt
- SSiC/Stahl-Verbunde erreichen Scherfestigkeiten $> 30 \text{ MPa}$
- Keramische Friktionspellets in Kupplungsdemonstratorscheibe eingebunden

■ **Tribologisches Verhalten**

- Paarungen mit SSiC bieten Vorteile hinsichtlich des Reibungsverhaltens im Vergleich zu den Paarungen mit Al_2O_3
 - SSiC \Rightarrow höheres Reibungszahlniveau
 - SSiC \Rightarrow "geringerer" Reibungszahlgradient
- Paarung mit Al_2O_3 führt zu geringerer stationärer Verschleißrate
- Einsatz von Keramik/Stahl-Verbundpellets erlaubt die positive Beeinflussung des tribologischen Verhaltens

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Deutsche
Forschungsgemeinschaft
DFG

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Finanzierung des Teilprojektes B2 im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 483 „Hoch beanspruchte Gleit- und Friktionssysteme auf Basis ingenieurkeramischer Werkstoffe“.