IMKT
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Leibniz Universität Hannover

Entwicklung von nanoverstärkten biobasierten Kühlschmierstoffen für nachhaltige Bearbeitungsprozesse

Rahaf Aljaradart, Belal Nassef, Florian Pape, Max Marian

Gliederung

https://optimol-instruments.de/#

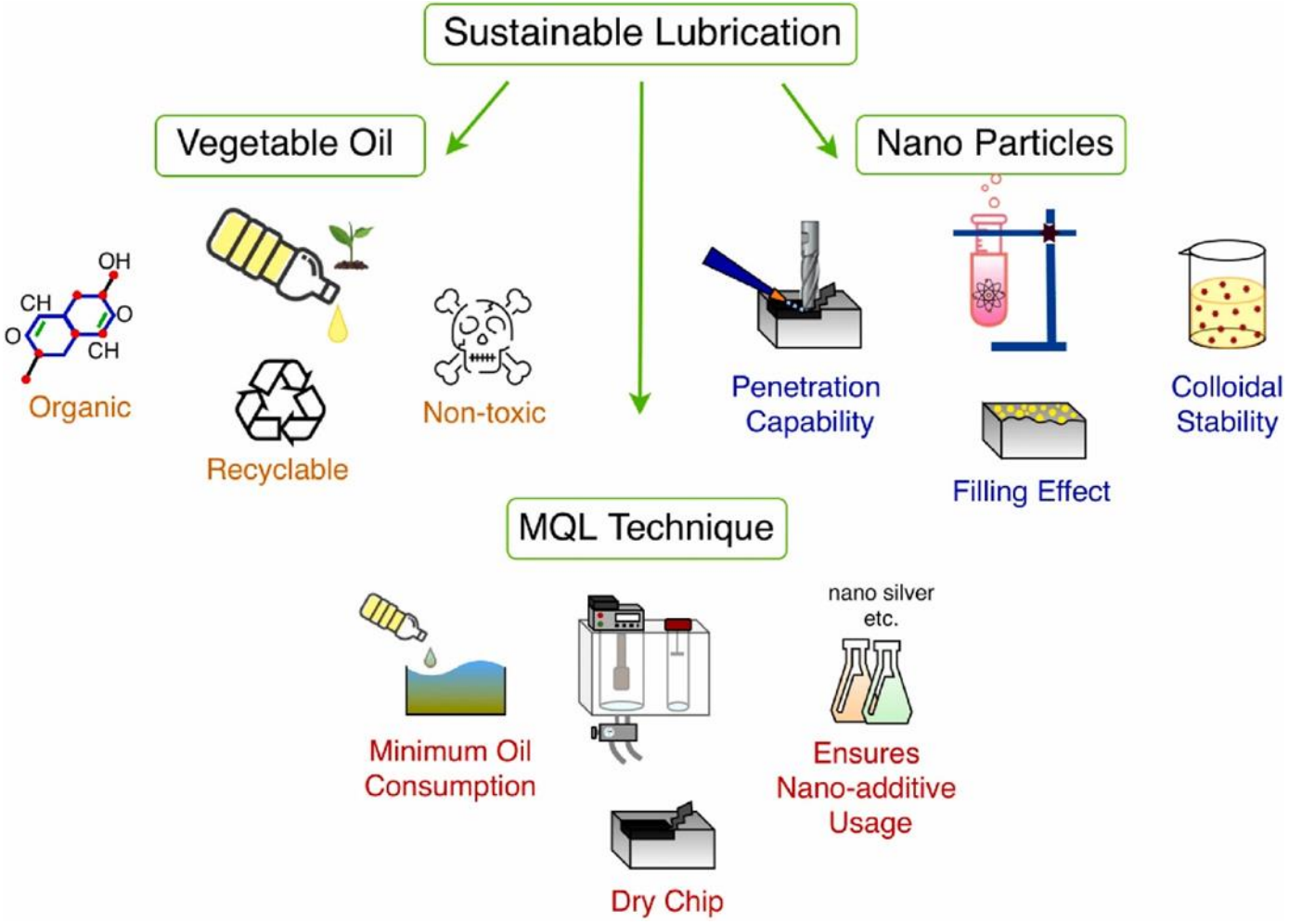
- Einleitung
- Motivation
- Literaturübersicht
- Methodik
- Ergebnisse
- Diskussion
- Schlussfolgerungen
- Zukünftige Arbeiten

© IMKT

Motivation

Umweltverschmutzung durch ausgelaufenes Öl

- Reduktion von umweltgefärdenden Stoffen
- Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- Optimierung von Schmierstoffen



Lösungen zur nachhaltigen Nutzung von Kühlschmierstoffen (KSS)

https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.106916

© IMKT

Literaturübersicht

Eigenschaften der pflanzlichen Ölen

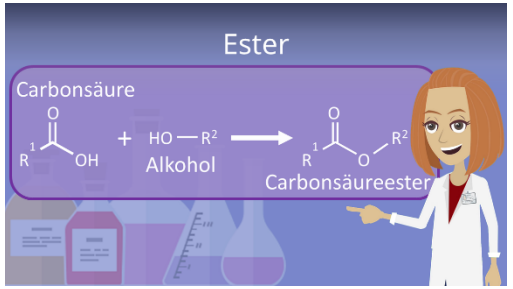
IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

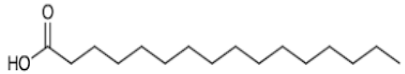
Höher Flammpunkt

304 °C ≈ 579 °F

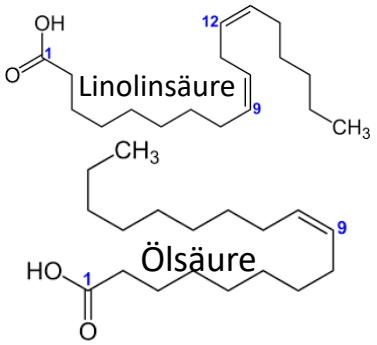
228 °C ≈ 442 °F

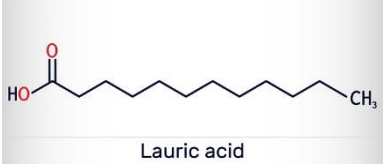
290 °C ≈ 554 °F





Palmitinsäure





Lauric acid

natürliche Affinität zu Metallen.

© IMKT

Methodik

Materialien und Proben Vorbereitung

G1= 0.5%
G2= 1%
G3= 2%
G4= 4%

Graphene

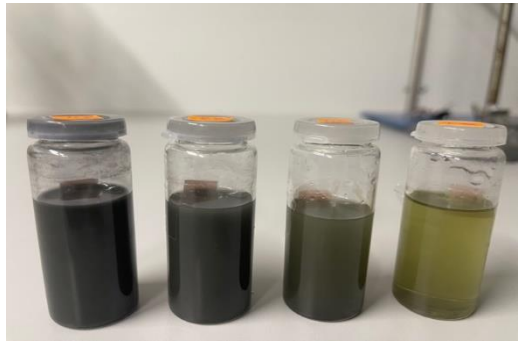
ZnO1= 0.05%
ZnO2= 0.1%
ZnO3= 0.25%
ZnO4= 0.5%

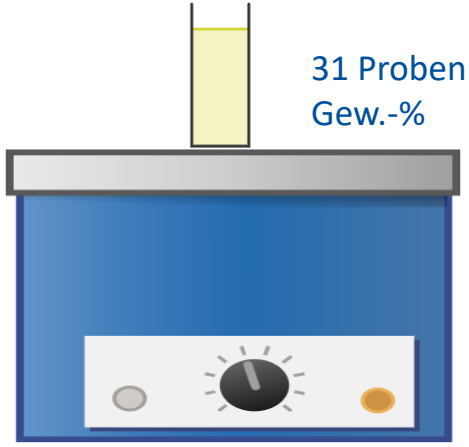
ZnO

Zn1= 0.05%
Zn2= 0.1%
Zn3= 0.25%
Zn4= 0.5%

Zn

Mineralisches Öl
Rapsöl
Palmöl
Cactusöl
Erdnussöl
Jatrophaöl





31 Proben in Gew.-%

© IMKT

Literaturübersicht

Grenzschichtenaufbau bei metallischen Werkstoffen

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Bioschmierfilm (Pflanzenöl+Nanoadditive-Partikel, 40...120 nm)

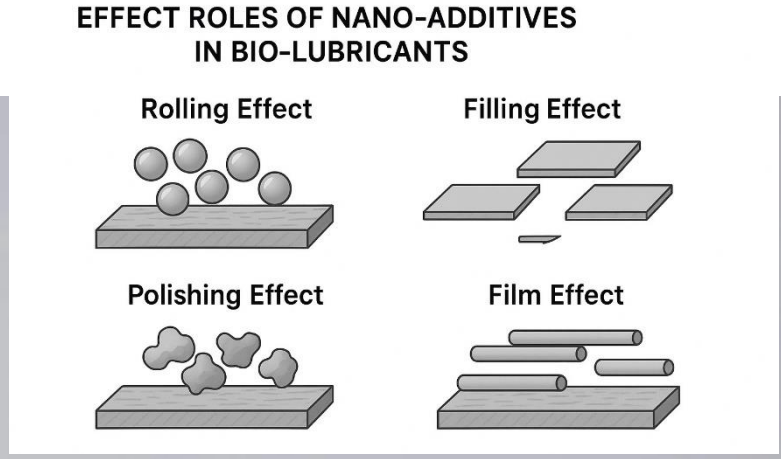
Adsorptionsschicht (0.5 µm)

Chem. Reaktionsschicht (0,01...10 µm)

Durch mechanische Bearbeitung bzw. den Reibprozess plastisch verformte Schicht (0,1...100 µm)

Unbeanspruchter Grundwerkstoff

Aufbau tribologischer Schichten bei beanspruchten Metallen



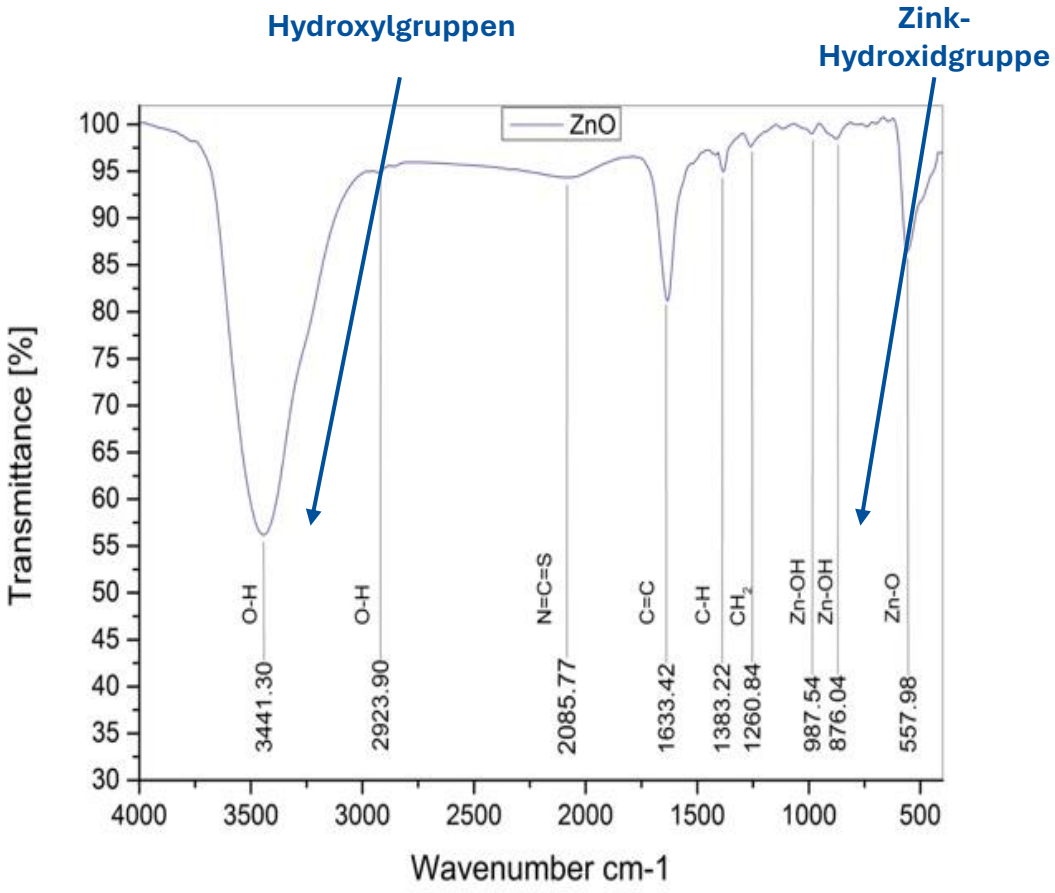
Interaktion von Nanopartikeln

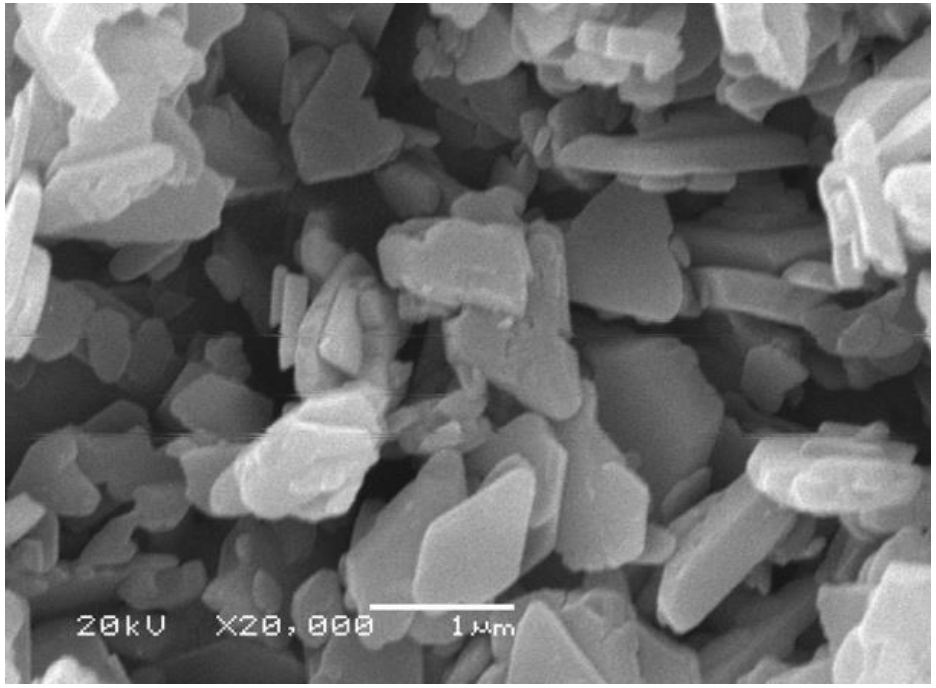
© IMKT

Ergebnisse

FTIR, SEM

- Nanozinkoxid Charakterisierung



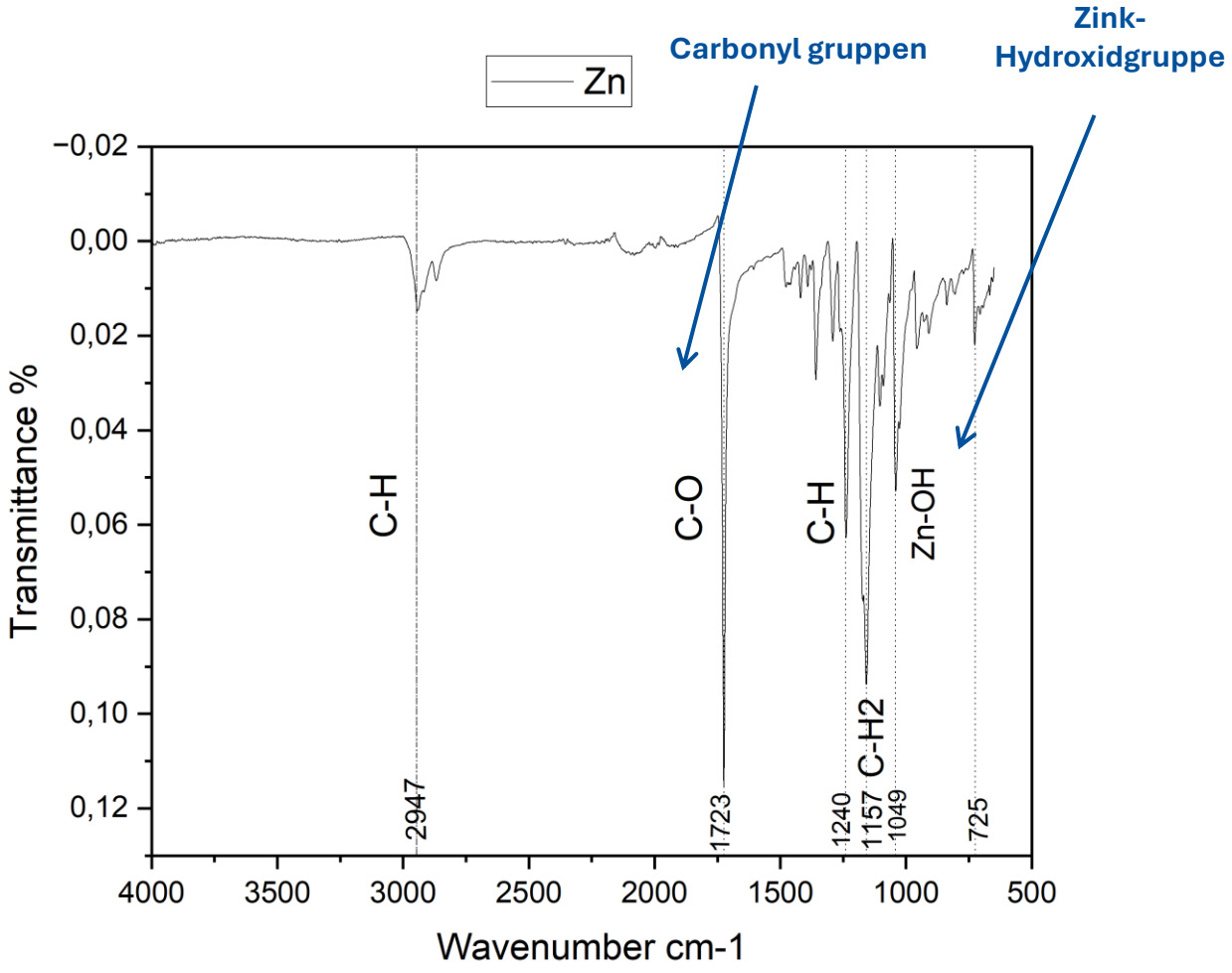


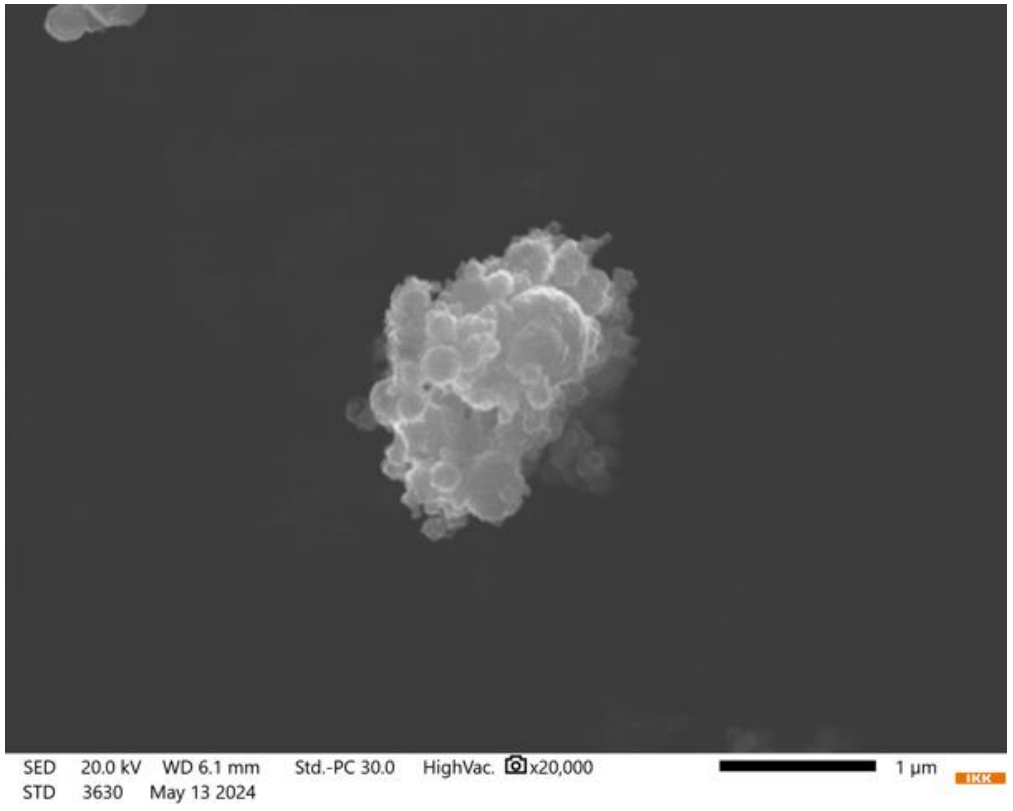
© IMKT

Ergebnisse

FTIR, SEM

- Nanozink Charakterisierung



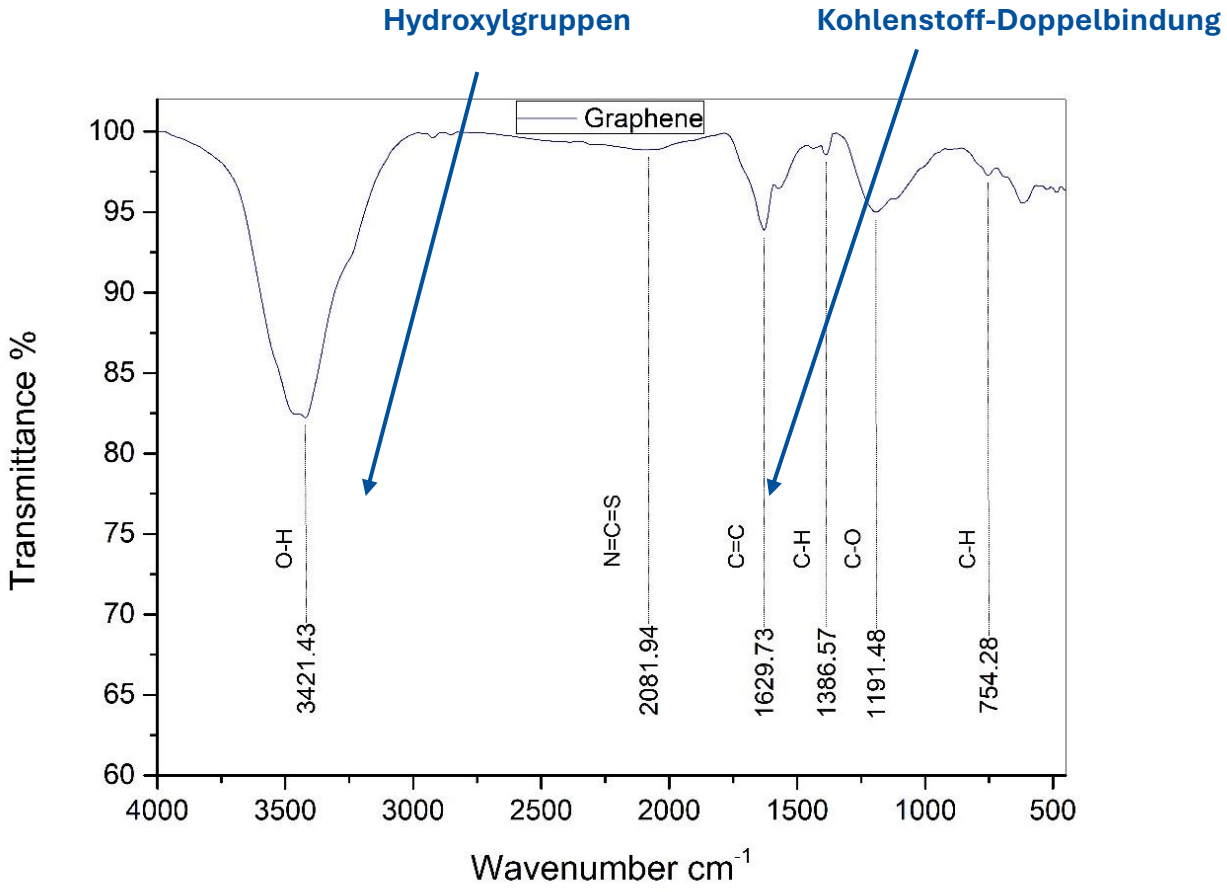


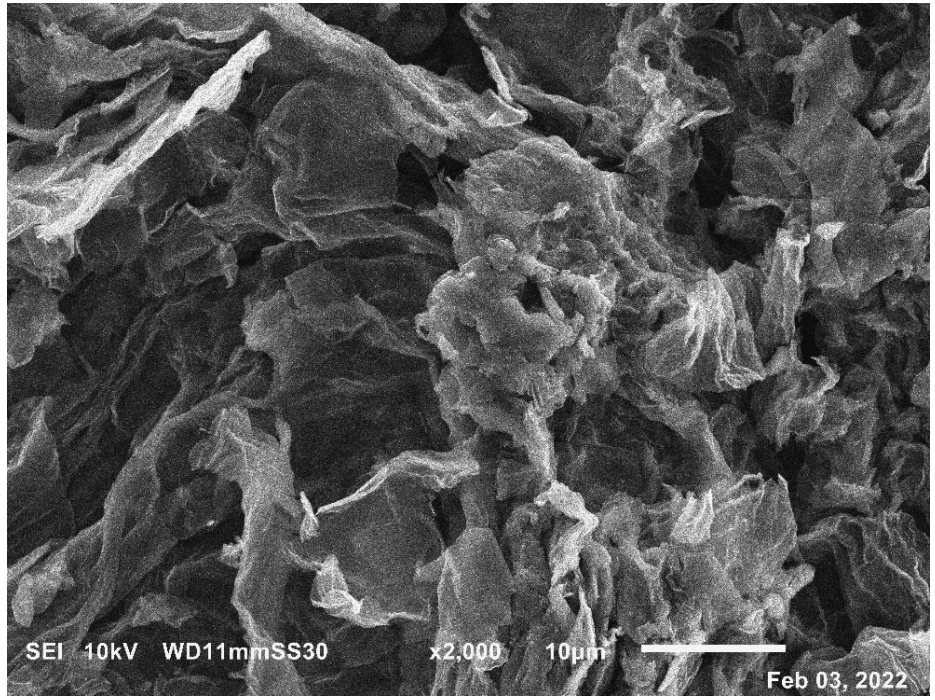
© IMKT

Ergebnisse

FTIR, SEM

- Graphene Charakterisierung



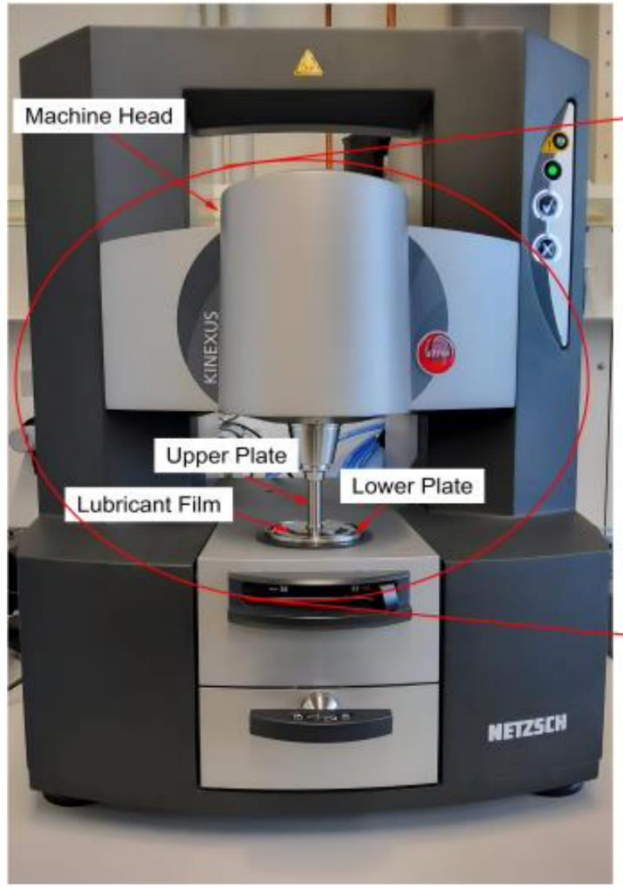


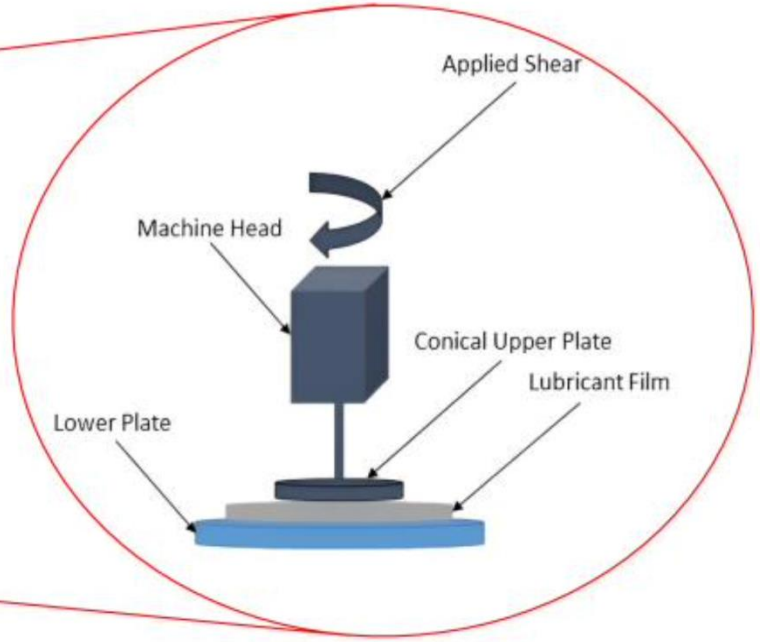
© IMKT

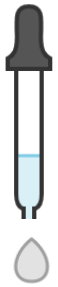
Untersuchungsmethoden

Rheometer - Viskostäten

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

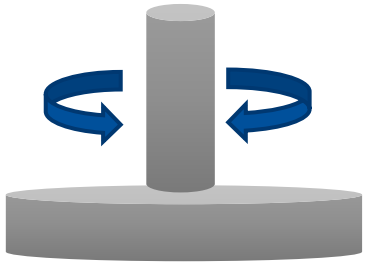






0.9ml Schmierfilm

31Tests bei 40°C
31 Tests bei 100°C



1 bis 100 s^{-1}

© IMKT

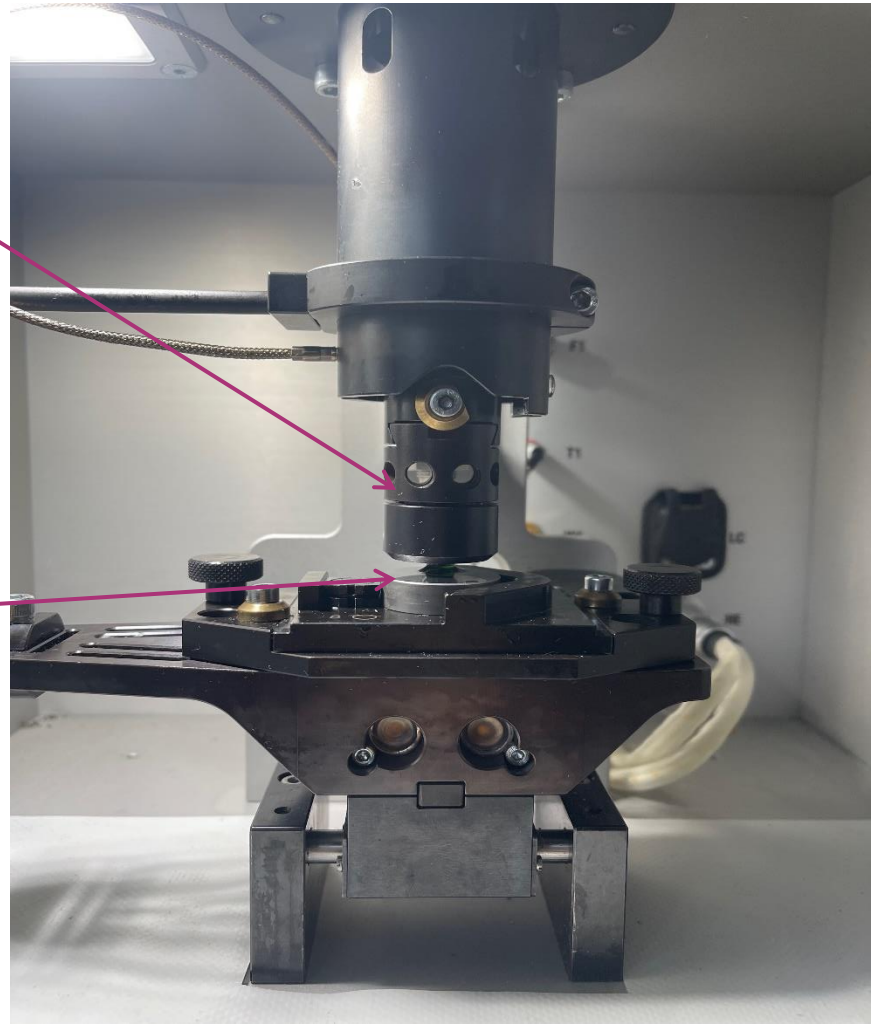
Untersuchungsmethoden

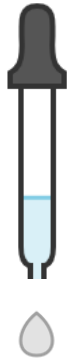
ETS (Easy Tribology Screener) – Reibung und Verschleiß

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Prüfkopf

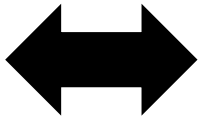
Probe





0.9ml Schmierfilm

31 Tests bei 25°C, 50N, 20Hz
31 Tests bei 100°C, 50N, 20Hz



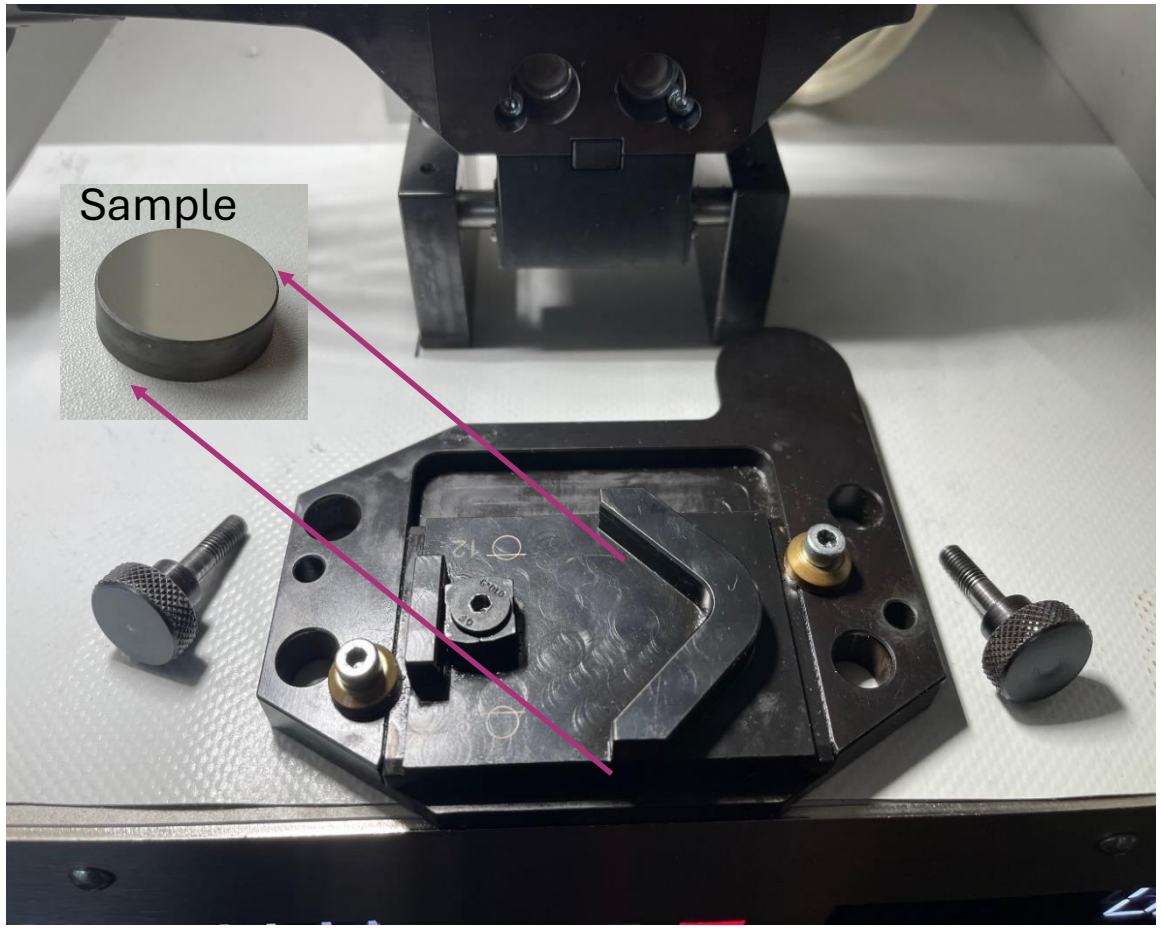
2mm Hub

© IMKT

Methodik

ETS - Tribometer

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

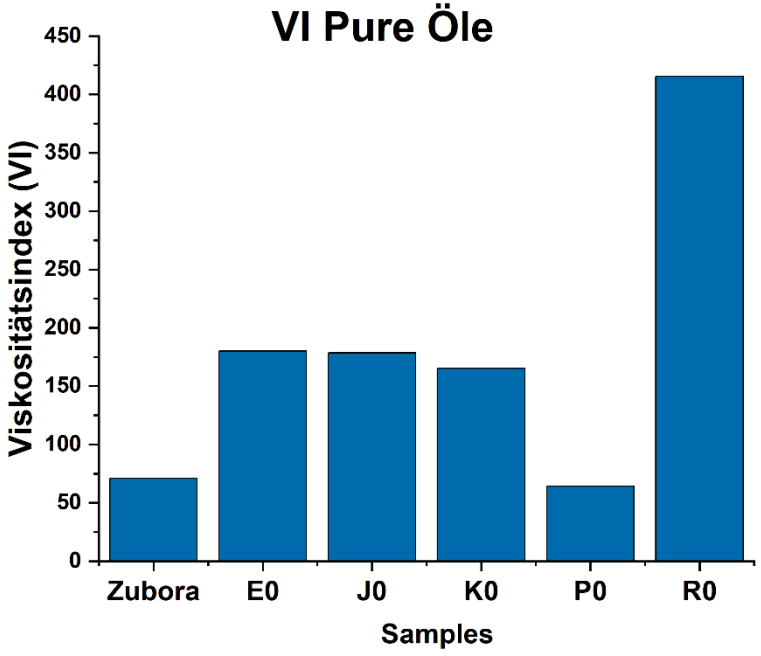


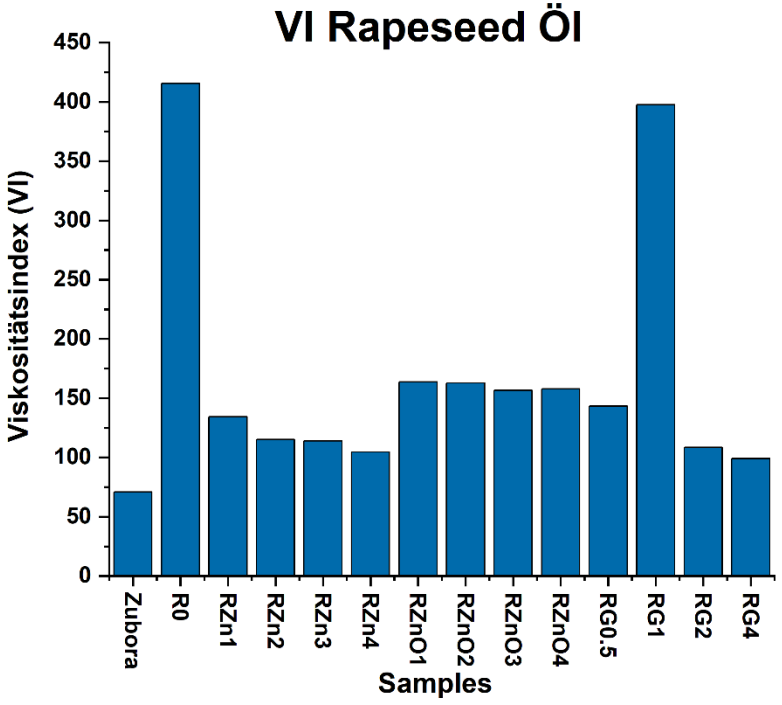
© IMKT

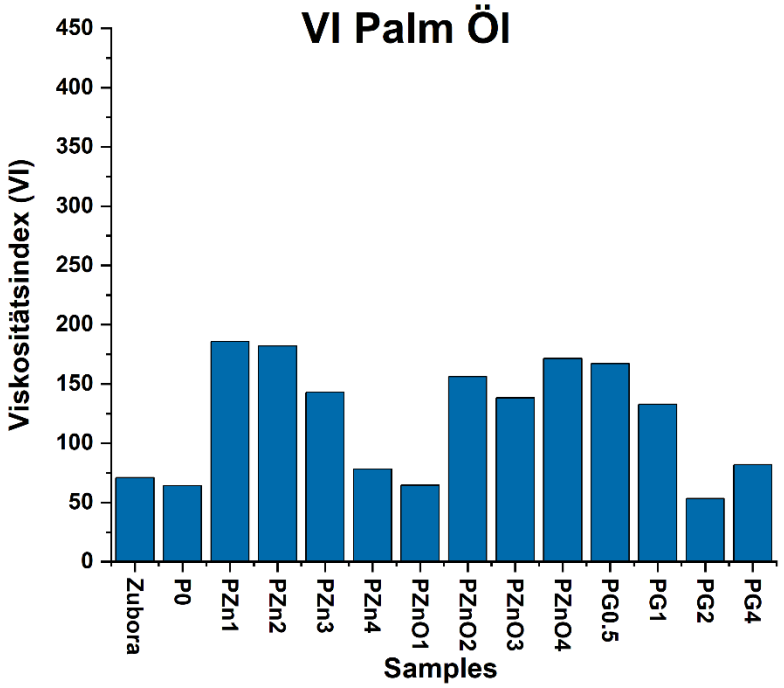
Ergebnisse

Ergebnisse-Viskosität Index

Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian



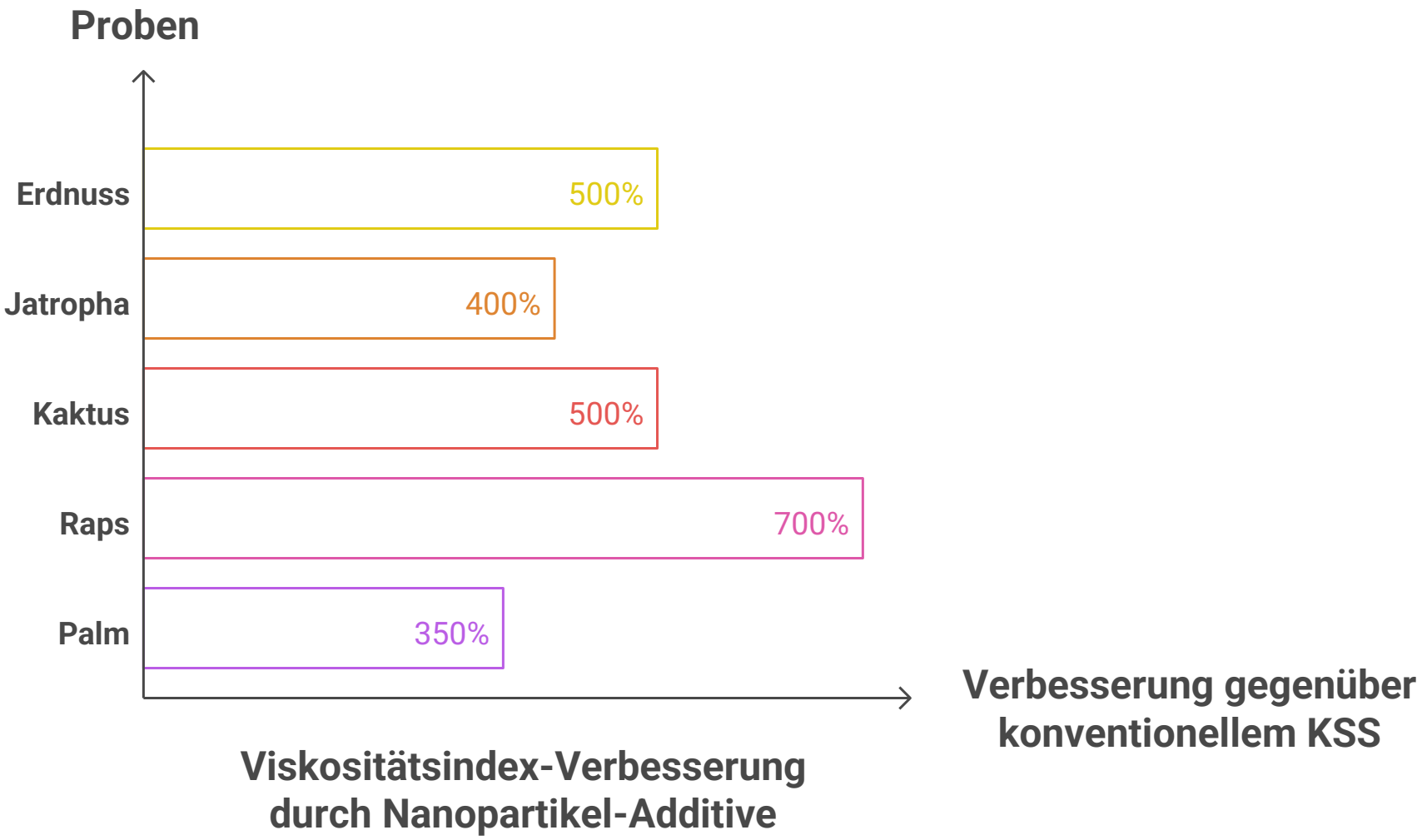




© IMKT

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Ergebnisse-Viskosität Index

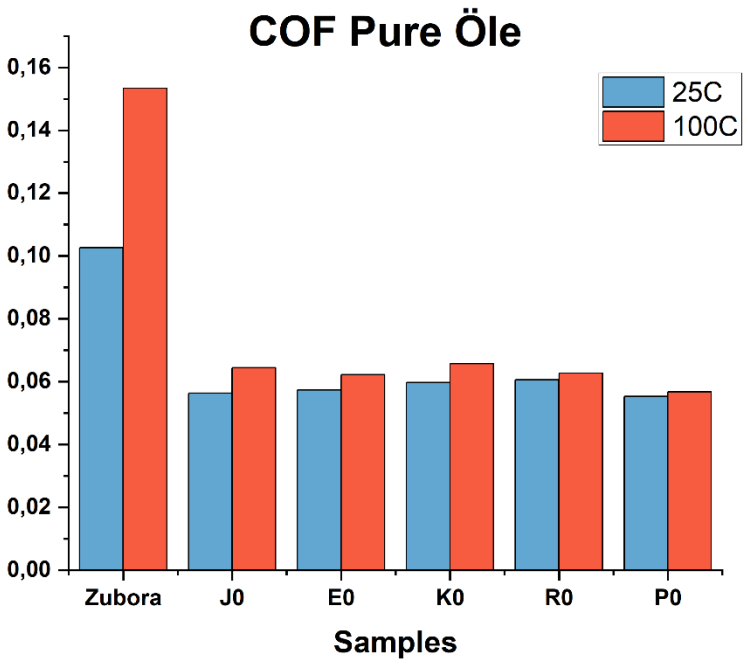


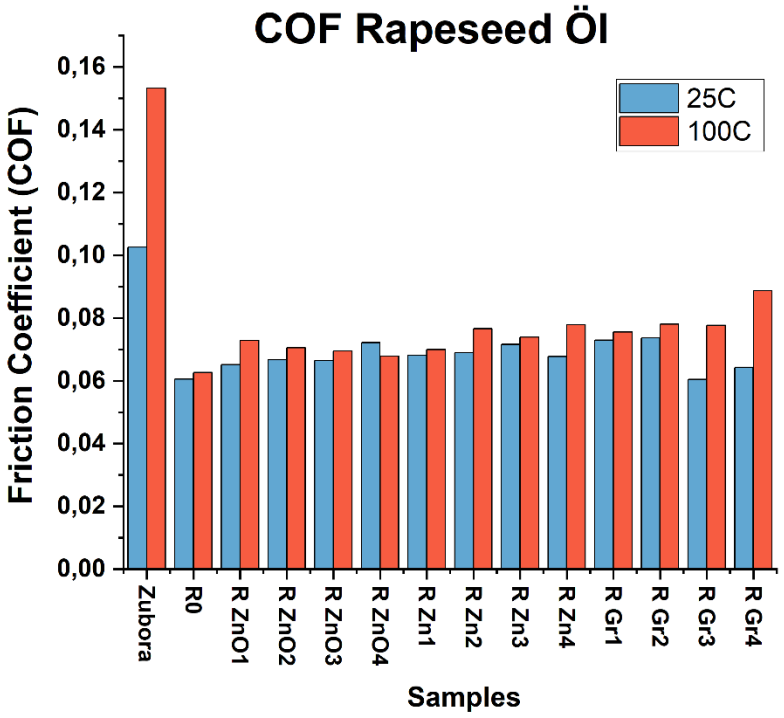
© IMKT

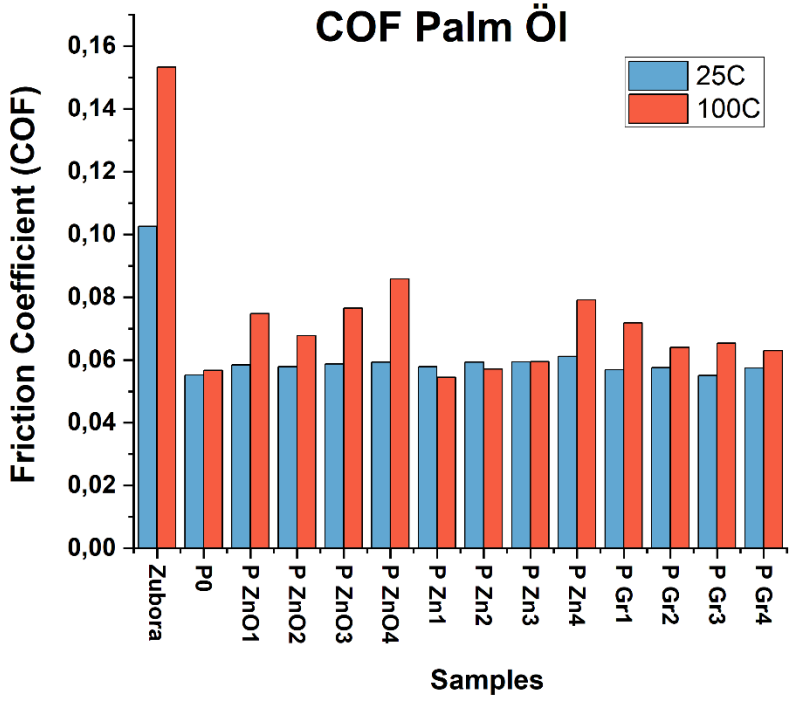
Ergebnisse

Ergebnisse-Reibungskoeffizient(COF)

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian





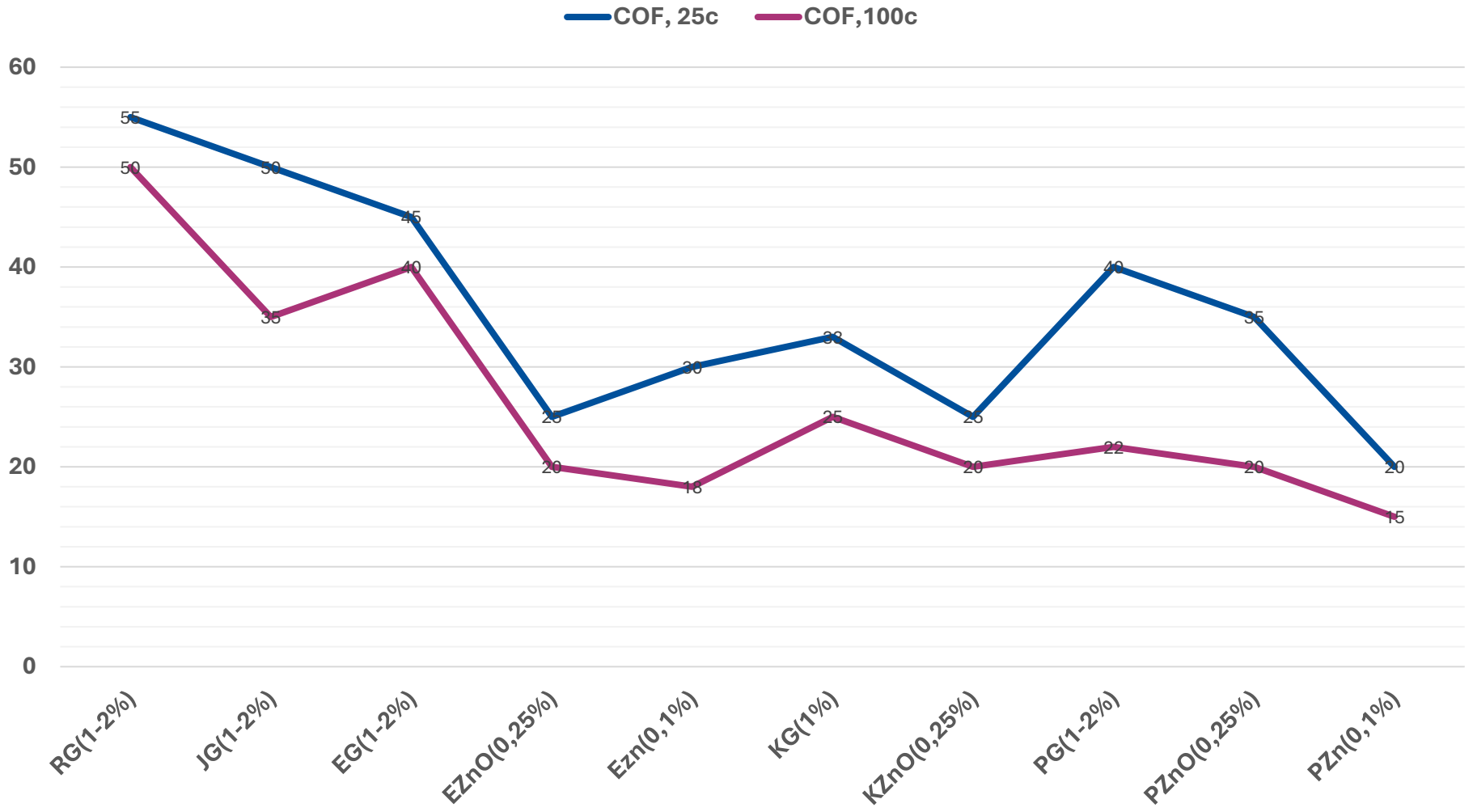


© IMKT

Ergebnisse

Ergebnisse-Reibungskoeffizient(COF)

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian



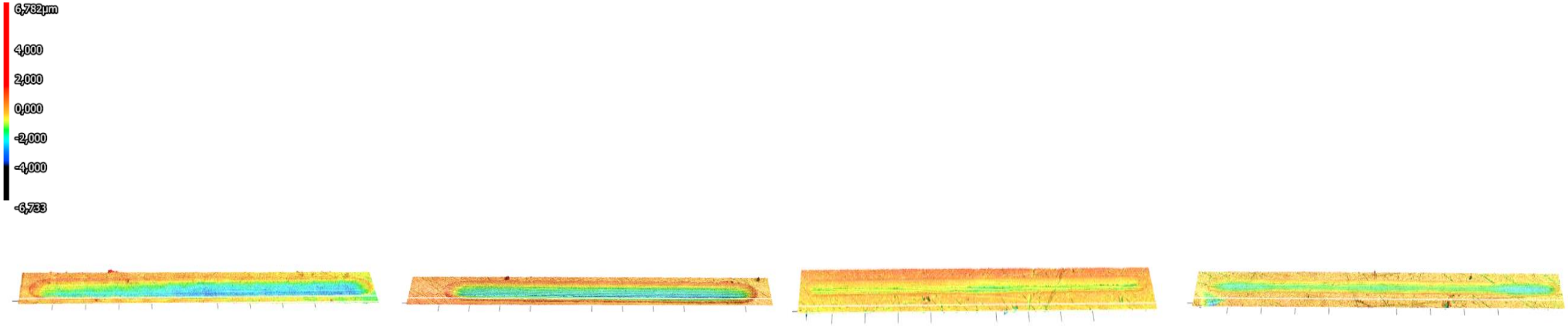
R: Rapsöl
J: Jatropaöl
E: Erdnussöl
K: Kaktusöl
P: Palmöl
G: Graphen

© IMKT

Ergebnisse

3D Verschleißprofile

Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

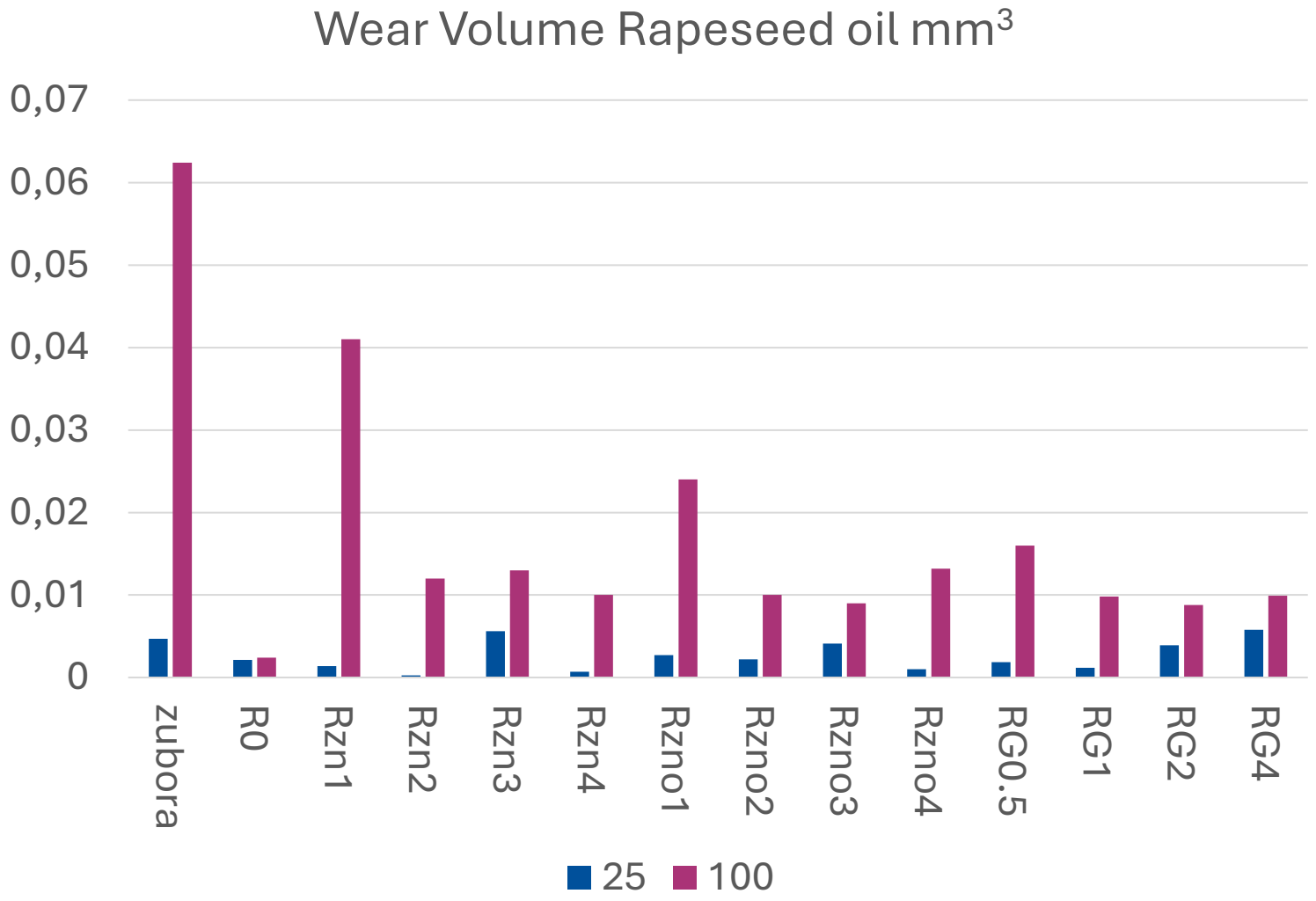


PZnO3, 100C | **Zubora67H, 25C°** | **RG2, 25C°** | **JZnO 0.5, 100C°**

© IMKT

Ergebnisse

Verschleißvolumen



© IMKT

Ergebnisse

Verschleißvolumen

Verschleißreduktion von Ölen bei verschiedenen

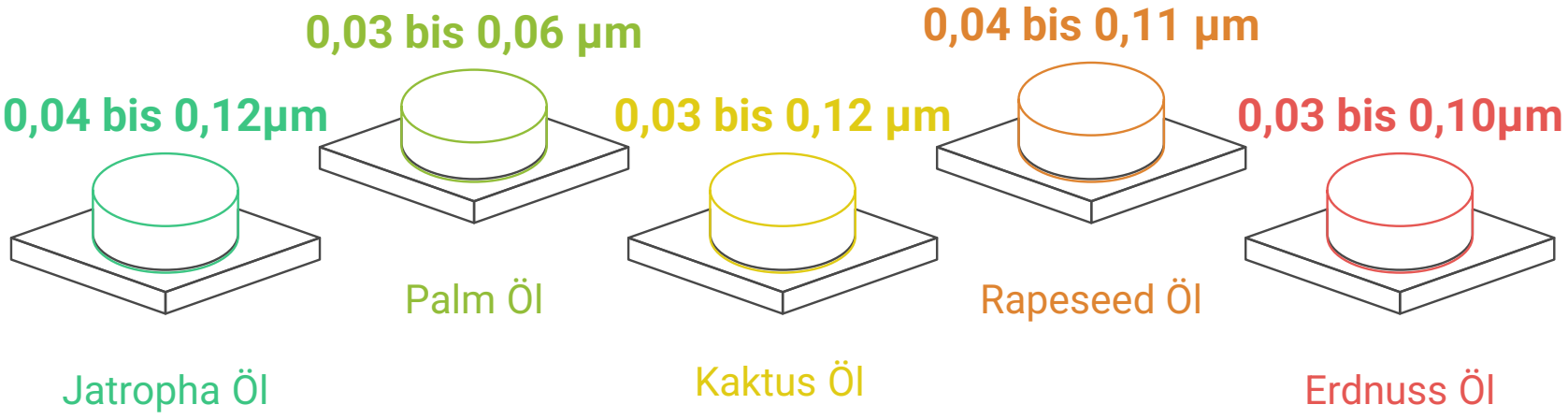
	Rapsöl	Erdnussöl	Kaktusöl	Jatropha-Öl	Palmöl
25°C	RZn2 (94,3%), RZno4(78,7%)	Ezn2 (94%), EG1 (75%)	K0 (48,9%), kG4 (57,3%)	JG4 (90%), JZn4 (82,3%)	PZn4 (85,1%), PZnO4 (78,7%)
100°C	RZno3 (85,6%), RG2 (85,9%), RZn4 (84%)	EG2 (85,9%), EZno3 (85,6%)	kG2 (83,5%), KZno2 (86,9%)	JG0.5 (87,5%), JZnO4 (83,7%)	P0 (96,2%), PGr2(85,9%), PZnO3 (85,6%)

© IMKT

Ergebnisse

Rauheit

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian



Rauheitsvergleich von Ölen mit Nanopartikeln zu konventionellem KSS 0,05 bis 0,22 µm

© IMKT

Schlussfolgerungen

Viskositätsindex (VI):
Rapsöl + Graphen (1–2 %) → 400–430 VI → +700 %, beste Stabilität bei Temperaturschwankungen.

COF (Reibungskoeffizient):
Raps + Graphen (1–2 %) → stärkste COF-Reduktion + Temperaturstabilität.

Verschleiß:
Graphen (1–2 %) → konstant beste Wirkung bei beiden Temperaturen.

Rauheit:
Bio-Öle mit Nanopartikeln → Rauheitsreduktion bis 70–80 % ggü. Zubora.

Gesamtbewertung:
Beste Performance: Rapsöl + Graphen, gefolgt von Jatrophaöl + Graphen.

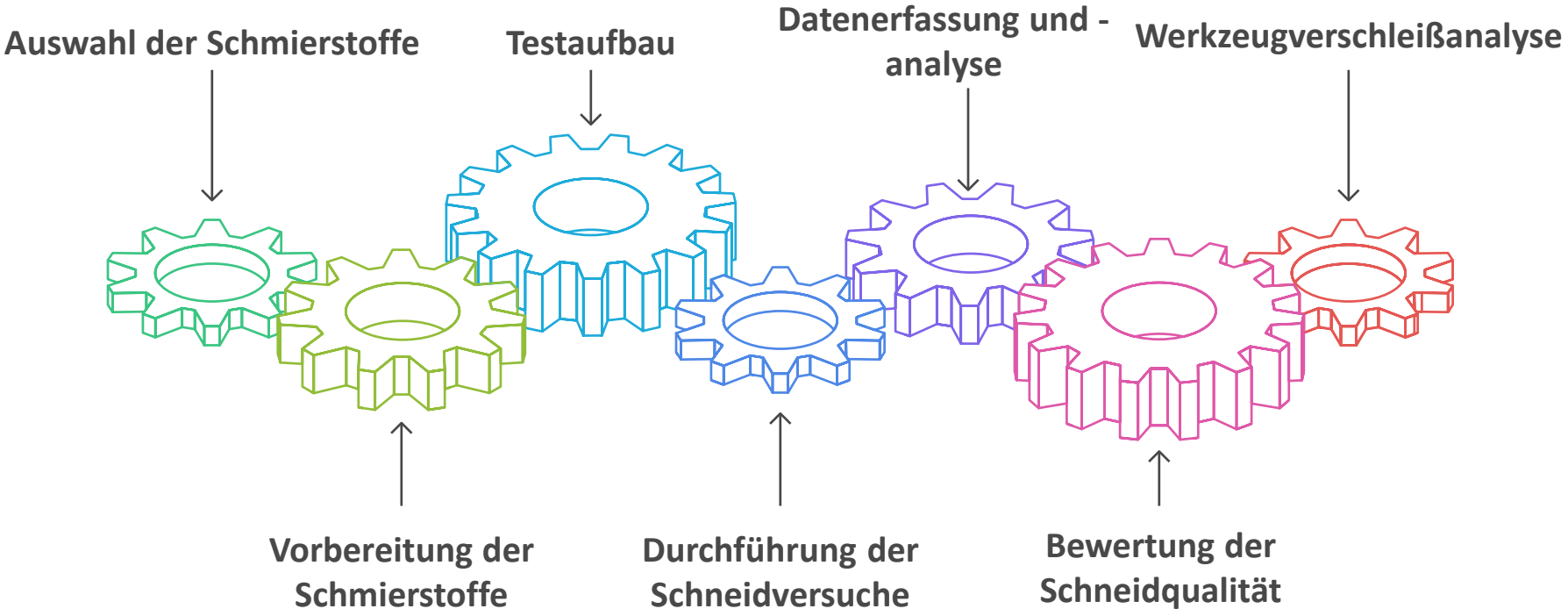
© IMKT

Zukünftige Arbeit

Testprozesse

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Testprozess für Bioschmierstoffe mit Nano-Additiven



© IMKT

Zukünftige Arbeit

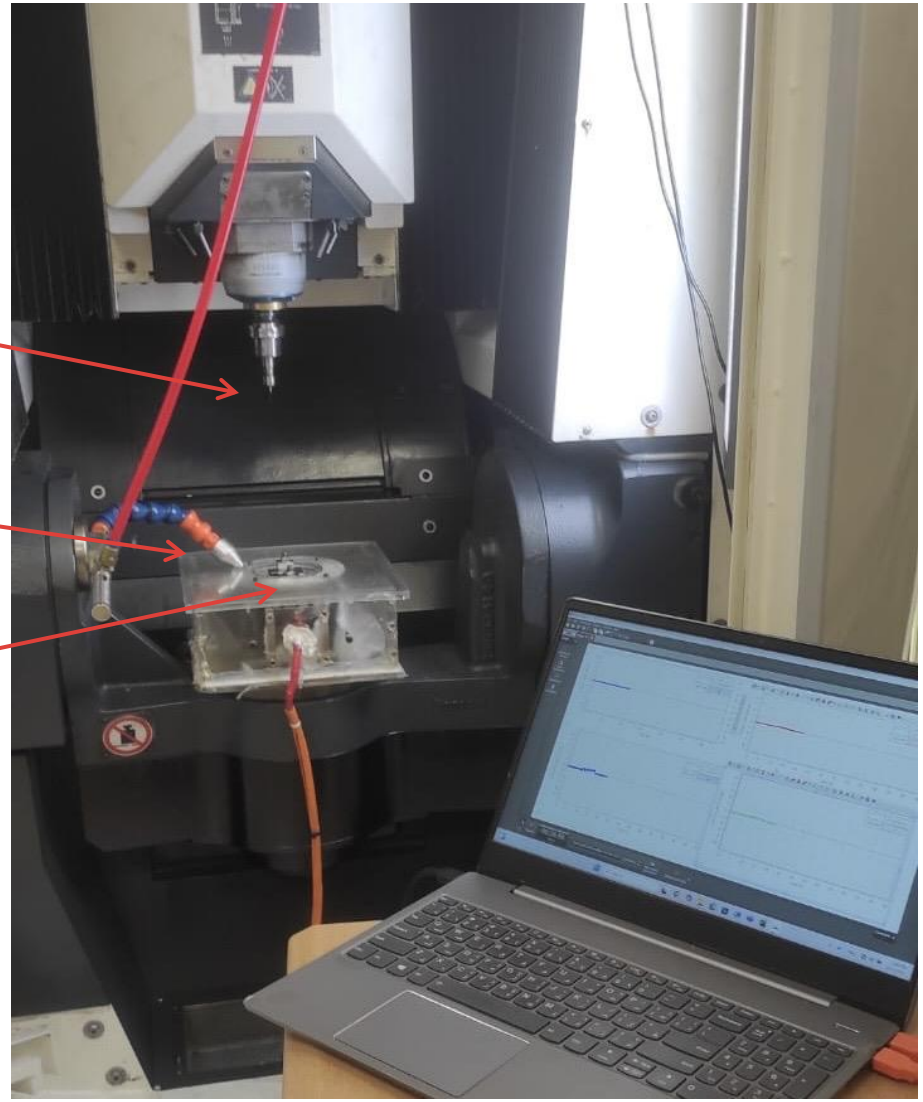
Ultraschall-unterstützte Schneidmaschine

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Schneidwerkzeug
(R= 1mm)

Schmierstoffzufuhr

Probenhalter

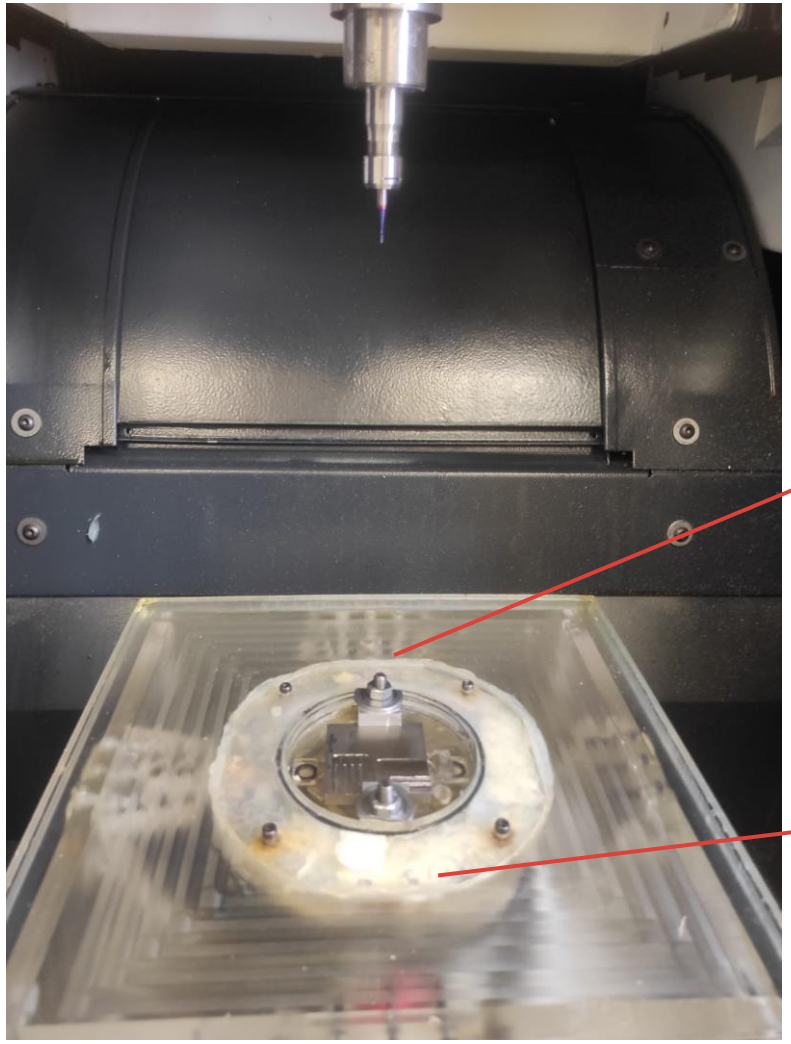


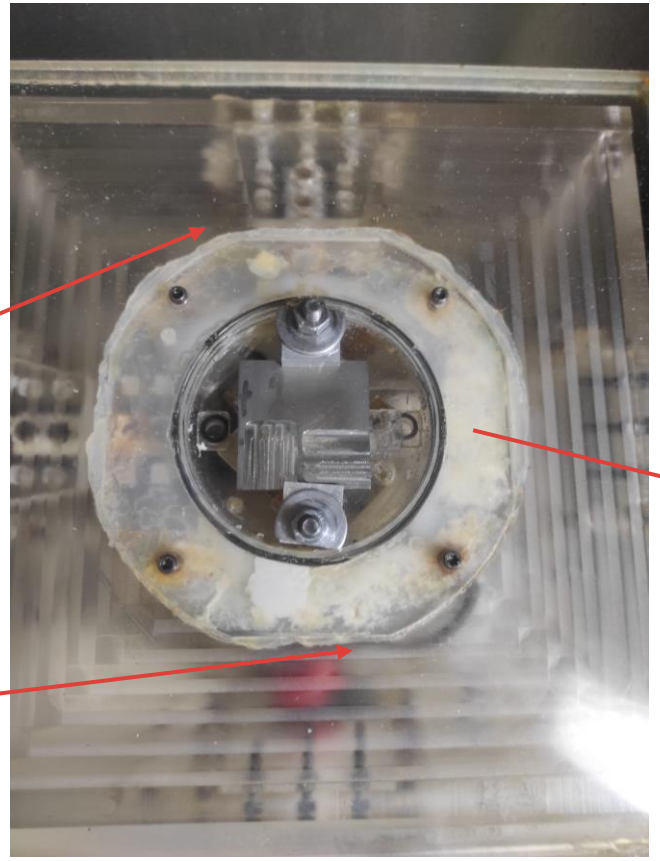
© IMKT

Zukünftige Arbeit

Kraftmessgerät für Schneidprozesse

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian





Schneidkraftmessgerät mit Sensor

© IMKT

Zukünftige Arbeit

Kraftmessgerät für Schneidprozesse

IMKT
Leibniz Universität Hannover
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie
Prof. Dr.-Ing. Max Marian

Ziele von zukünftigen Arbeiten

© IMKT

Vielen Dank! Haben Sie Fragen?

Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie (IMKT)
Fakultät für Maschinenbau
Leibniz Universität Hannover
An der Universität 1
30823 Garbsen
www.imkt.uni-hannover.de/

Ms. Rahf Alajaradat

Tel.: (+49) 1708267185

Mail: ing.rahafaljaradat@gmail.com

Sie finden uns auch auf:

Wir danken Optimol Instruments herzlich für die freundliche Bereitstellung der in dieser Arbeit verwendeten Geräte.

© IMKT