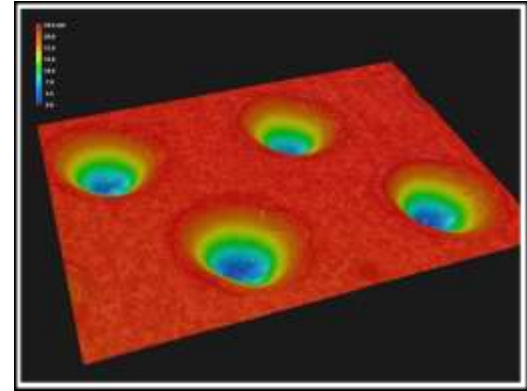


Beanspruchungsspezifische Wirkflächenoptimierung

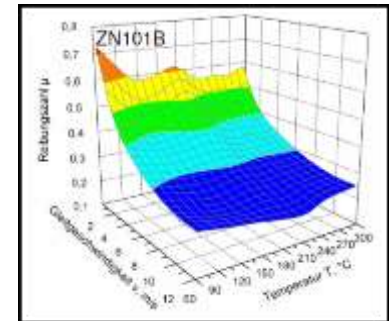
⇒ Surface engineering

- Entwicklung von Prozessen zur **lasergestützten Texturierung** bzw. **Modifizierung** von tribologischen Wirkflächen (Metalle, Keramiken, PVD-Dünnschichten)



⇒ Tribologie

- **grundlegende Charakterisierung von Tribopaarungen** unter gleitender, wälzender und furchender Beanspruchung
- **analytische Modellbildung** zur Beschreibung des tribologischen Verhaltens in Abhängigkeit von Werkstoff-, Oberflächen-, Belastungs-, Umgebungsparametern



Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „Plint TE 92 HS“



Reibungs- und Verschleißprüfung
im einsinnigen Gleitkontakt

Grundkörper

- Scheibe $\varnothing = 50 \dots 70$ mm, $h = 8$ mm

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing = 10$ mm
- Stift $\varnothing = 16$ mm
(ballige Stirnfläche)

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



digitale Messwernerfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Drehzahl (Gleitgeschwindigkeit)
- Umdrehungsanzahl (Gleitweg)
- linearer Verschleißbetrag
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft	50...1000 N
Drehzahl	100...10.000 min ⁻¹
Reibradius r_R	≤ 30 mm
Gleitgeschwindigkeit	20 m/s für $r_R = 20$ mm
max. zul. Reibmoment	1,6 Nm @ 10.000 U/min
Temperatur	RT ... 400°C
Umgebungsmedien	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „CETR UMT3“



Reibungs- und Verschleißprüfung
im einsinnigen Gleitkontakt

Grundkörper

- Scheibe $\varnothing = 50...70$ mm, $h = 8$ mm

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing = 10$ mm
- Stift $\varnothing = 16$ mm
(ballige Stirnfläche)

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



digitale Messwerverfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Drehzahl (Gleitgeschwindigkeit)
- Umdrehungsanzahl (Gleitweg)
- linearer Verschleißbetrag
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft	5...60 N
Drehzahl	0...5.000 min ⁻¹
Reibradius r_R	≤ 30 mm
Spurradius	≤ 30 mm
Gleitgeschwindigkeit	10 m/s ($r_R = 20$ mm)
Temperatur	RT ...150°C
Umgebungsmedien	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „insitu“



Reibungsprüfung
im einsinnigen Gleitkontakt

Möglichkeit zur insitu-Beobachtung
der Kontaktzone

Grundkörper

- Saphirscheibe
 $\varnothing = 50 \text{ mm}$, $h = 5 \text{ mm}$

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing 1,6 \dots 10 \text{ mm}$

Andere Prüfkörper-
geometrien nach
Absprache möglich!



Kontaktzone \longrightarrow



digitale Messwernerfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Drehzahl (Gleitgeschwindigkeit)
- Umdrehungsanzahl (Gleitweg)
- Schmierfilmdicke
- Temperatur von Grund-, Gegenkörper und flüssigem Medium
- relative Luftfeuchte

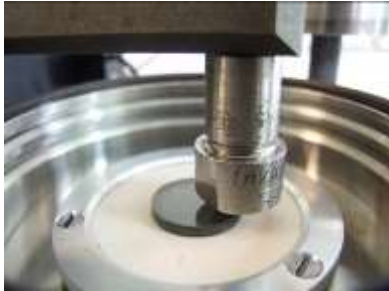
Normalkraft	1...10 N
Geschwindigkeit	1...300 mm/s
Reibradius	18 mm
Temperatur	RT
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „CSEM“



Reibungs- und Verschleißprüfung
im einsinnigen Gleitkontakt

Grundkörper

- Scheibe $\varnothing = 45 \dots 70$ mm, $h = 2 \dots 6$ mm

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing = 1,6 \dots 10$ mm



Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!

digitale Messwerverfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Drehzahl (Gleitgeschwindigkeit)
- Umdrehungsanzahl (Gleitweg)
- linearer Verschleißbetrag
- relative Luftfeuchte
- Temperatur des flüssigen Mediums

Normalkraft	1...10 N
Drehzahl	0...500 U/min
Reibradius r_R	≤ 20 mm
Geschwindigkeit	0...1 m/s
Temperatur	RT...80°C (nur fl. Medium)
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „Amsler“



Reibungs- und Verschleißprüfung

- im einsinnigen Gleitkontakt (Block/Ring)
- Wälzbeanspruchung (Ring/Ring)

Grundkörper

- Ring $\varnothing_i = 25,5$ mm, $\varnothing_a = 38$ mm, $b = 13$ mm

Gegenkörper

- Ring $\varnothing_i = 25,5$ mm, $\varnothing_a = 38$ mm, $b = 13$ mm
- Block $13 \times 16 \times 5$ mm³

Andere Prüfkörpergeometrien nach Absprache möglich!



digitale Messwernerfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Drehzahl (Gleitgeschwindigkeit)
- Umdrehungsanzahl (Gleitweg)
- linearer Verschleißbetrag
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft F_N	20...200 bzw. 300...2000 N
Drehzahl	195 bzw. 390 U/min
Gleitgeschwindigkeit v	0,39 bzw. 0,78 m/s
Schlupf	0...10%
Temperatur	RT
Umgebungsmedien	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien (Tropfschmierung)

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „Optimol SRV“



Reibungs- und Verschleißprüfung
im reversierenden Gleitkontakt

Grundkörper

- Scheibe $\varnothing = 25$ mm, $h = 8$ mm
- Platte $16 \times 25 \times 8$ mm³

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing = 10 \dots 20$ mm
- Ring $\varnothing_i = 25,5$ mm,
 $\varnothing_a = 38$ mm, $b = 6 \dots 13$ mm
- Zylinder $\varnothing = 10$ mm,
 $b = 10 \dots 22$ mm

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



digitale Messwerverfassung

- Normal- und Reibungskraft
- linearer Verschleißbetrag
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft F_N	20...200 N
Frequenz f	10...500 Hz, $f = f(F_N, \Delta s)$
Hublänge Δs	0,1...2,5 mm, $\Delta s = f(F_N, f)$
Temperatur	RT... 450°C
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Labortribometer „Langhub“



Reibungs- und Verschleißprüfung
im reversierenden Gleitkontakt

Grundkörper

- Platte 50 x 25 x 8 mm³

Gegenkörper

- Kugel $\varnothing = 10$ mm
- Ring $\varnothing_i = 25,5$ mm,
 $\varnothing_a = 38$ mm, $b = 6 \dots 13$ mm
- Zylinder $\varnothing = 10$ mm,
 $b = 10 \dots 22$ mm
- Stift $\varnothing = 16$ mm
(ballige Stirnfläche)

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



digitale Messwerverfassung

- Normal- und Reibungskraft
- linearer Verschleißbetrag
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft F_N	10...250 N
Frequenz f	2...15 Hz, $f = f(F_N, \Delta s)$
Hublänge Δs	5...20 mm, $\Delta s = f(F_N, f)$
Temperatur	RT... 400°C
Umgebungsmedien	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Lineartribometer „Haftreibungstester“



Bestimmung des Übergangs vom Haften zum Gleiten

Grundkörper

- Platte 50 x 20 x 8 mm³

Gegenkörper

- Rockwelldiamant ($r = 200 \mu\text{m}$)
- Kugel $\varnothing = 10 \text{ mm}$
- Ring $\varnothing_i = 25,5 \text{ mm}$,
 $\varnothing_a = 38 \text{ mm}$, $b = 13 \text{ mm}$

Andere Prüfkörpergeometrien nach Absprache möglich!



digitale Messwernerfassung

- Normal- und Tangentialkraft
- Gleitweg
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft	10...100 N
Abzugsgeschwindigkeit	8,3...830 $\mu\text{m/s}$
Gleitweg	ca. 1000 μm
Federkonstante	140 N/mm
Resonanzfrequenz	46,5 Hz
Temperatur	RT...400°C
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Lineartribometer „Scratchtester“



Reibungs- und Verschleißprüfung
unter furchender Beanspruchung

Grundkörper

- Platte 50 x 20 x 8 mm³

Gegenkörper

- Rockwelldiamant (r = 200 μ m)
- Kugel \varnothing = 10 mm

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



digitale Messwerverfassung

- Normal- und Reibungskraft
- Gleitweg
- Schallemission
- Temperatur
- relative Luftfeuchte

Normalkraft	≤ 200 N
Gleitgeschwindigkeit	0...50 mm/min
Gleitweg	50 mm
Temperatur	RT
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F. flüssige Medien

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Abrasivtester „Erichsen“



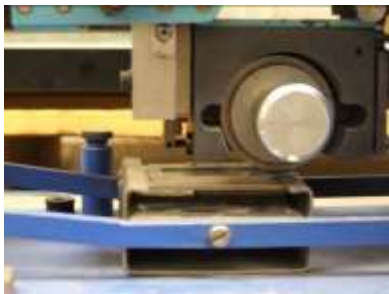
Verschleißprüfung
unter furchender Beanspruchung

Grundkörper

- Platte 50 x 25 x 8 mm³

Gegenkörper

- Reibrad $\varnothing = 50$ mm, b = 4 mm
beklebt mit Schleifpapier
(SiC, Korund, Flint)
unterschiedlicher Körnung



Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!

Messgrößen

- linearer, volumetrischer
oder gravimetrischer
Verschleißbetrag

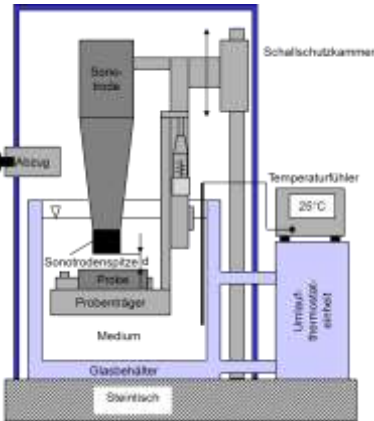
Normalkraft F_N	1...10 N
Frequenz	400 Doppelhübe pro Reibrad
Zyklen	400 Zyklen pro Reibrad
Hublänge	25 mm
Temperatur	RT
Umgebungsmedium	Luft mit 10...80% r.F.

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Kavitationsprüfstand



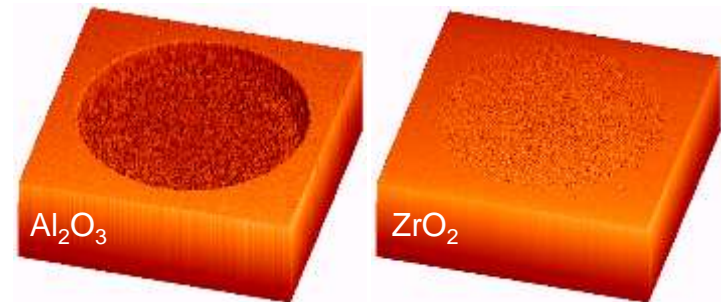
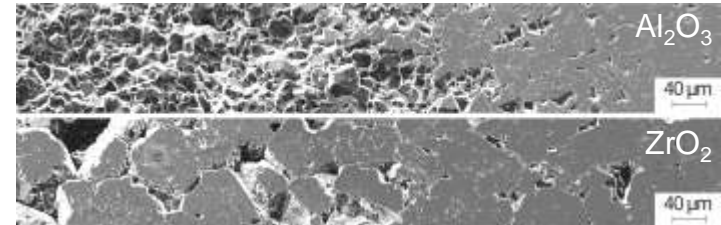
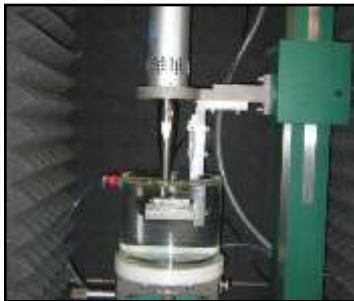
Kavitationsprüfung nach ASTM G32-92

- Frequenz f $20 \pm 0,5$ kHz
- Amplitude A $25 \mu\text{m}$
- Abstand_{Probe-Sonotrode} $500 \mu\text{m}$
- Medientemperatur T 25 ± 2 °C
- Sonotrode $\varnothing 16$ mm

Probengeometrie

- $15 \times 15 \times 5$ mm³

Andere Prüfkörpergeometrien
nach Absprache möglich!



Keramische Oberflächen nach 6-stündiger
Beanspruchung in destilliertem Wasser

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

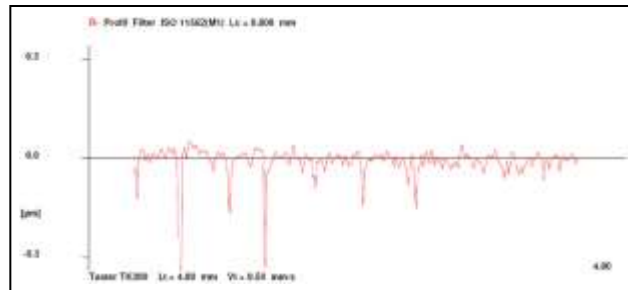
Oberflächentastschnittgerät „Hommel T8000“



taktile Erfassung von Rauheit, Kontur und Topografie

digitale Messwernerfassung

- Rauheitskennwerte
- Kontur
- Topografie



Messbereich xy	100 x 100 mm ²
Auflösung xy	ca. 2 μ m
Messbereich z	\leq 300 μ m
Auflösung z	ca. 50 nm
max. Flankenwinkel	ca. 30°

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

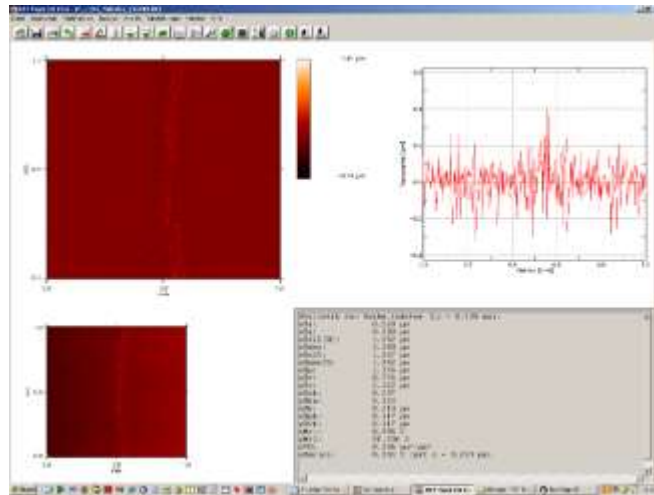
Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Oberflächentastschnittgerät „FRT Microprof“



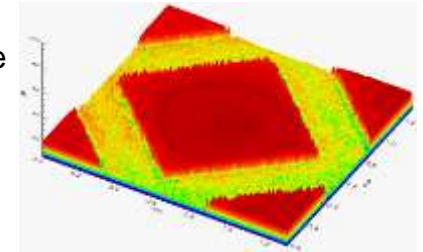
optische Erfassung von Rauheit, Kontur und Topographie

Messprinzip: chromatischen Aberration von Weißlicht
Sensor CWL-300



digitale Messwernerfassung

- Rauheitskennwerte
- Kontur
- Topografie



Messbereich xy	100 x 100 mm ²
Auflösung xy	ca. 2,5 μ m
Messbereich z	\leq 300 μ m
Auflösung z	ca. 50 nm
max. Flankenwinkel	ca. 30°

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

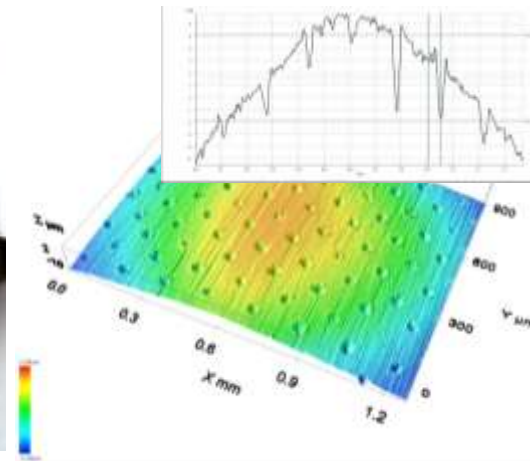
Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Oberflächentastschnittgerät „Sensofar PL μ neox“



optische Erfassung von Rauheit,
Kontur und Topographie

Messprinzip:
kombiniertes Konfokal- und
Interferenzmikroskop
(Phasenschiebung und Vertical-Scanning)



digitale Messwernerfassung

- Rauheitskennwerte
- Kontur
- Topografie

Messbereich xy	254 x 190 μm^2 bis 1270 x 950 μm^2 Stitching möglich!
Auflösung xy	0,33 bis 1,66 μm je nach Objektiv
Messbereich z	$\leq 200 \mu\text{m}$
Auflösung z	1 bis 50 nm je nach Objektiv
max. Flankenwinkel	ca. 30°

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

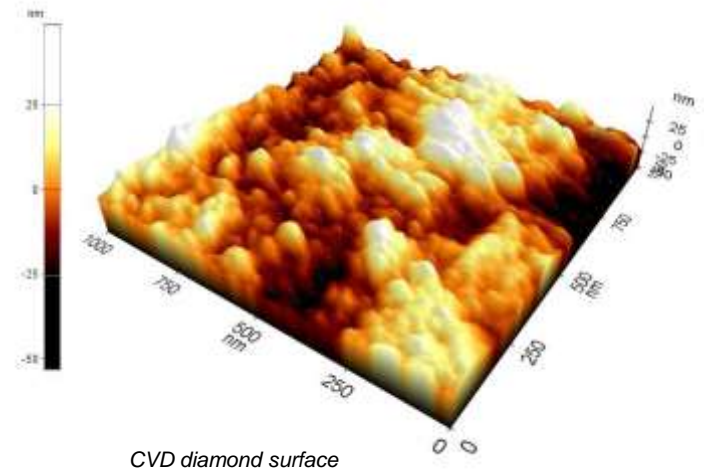
Rasterkraftmikroskop „Park XE7“



Rasterkraftmikroskop

Messprinzip:

- true non-contact
- dynamic contact
- contact
- lateral force
- phase imaging
- fd spectroscopy



Messbereich xy	50 x 50 μm^2
Auflösung xy	0,33 bis 1,66 μm je nach Objektiv
Messbereich z	$\leq 12 \mu\text{m}$

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

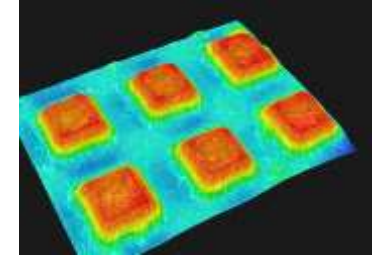
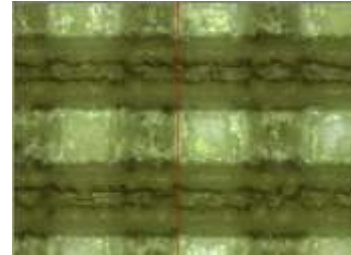
Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Digitalmikroskop „Keyence VHX600D“



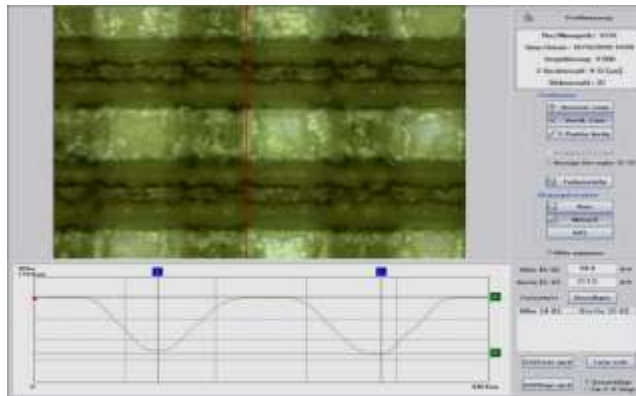
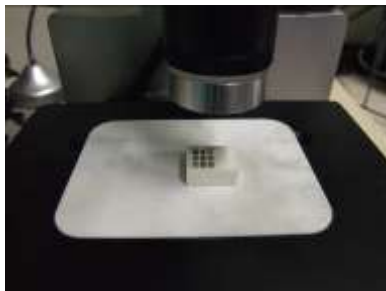
optisches Mikroskop

- digitale Bilderfassung
- Möglichkeit zur Erfassung von 3D-Daten



2D- und 3D-Bild einer laserstrukturierten Oberfläche

Vermessen einer laserstrukturierten Oberfläche



Bildgröße	1600 x 1200 Pixel
Bildrate	15 B/s @ 1600 x 1200 28 B/s @ 800 x 600
Vergrößerung	5x...2500x

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

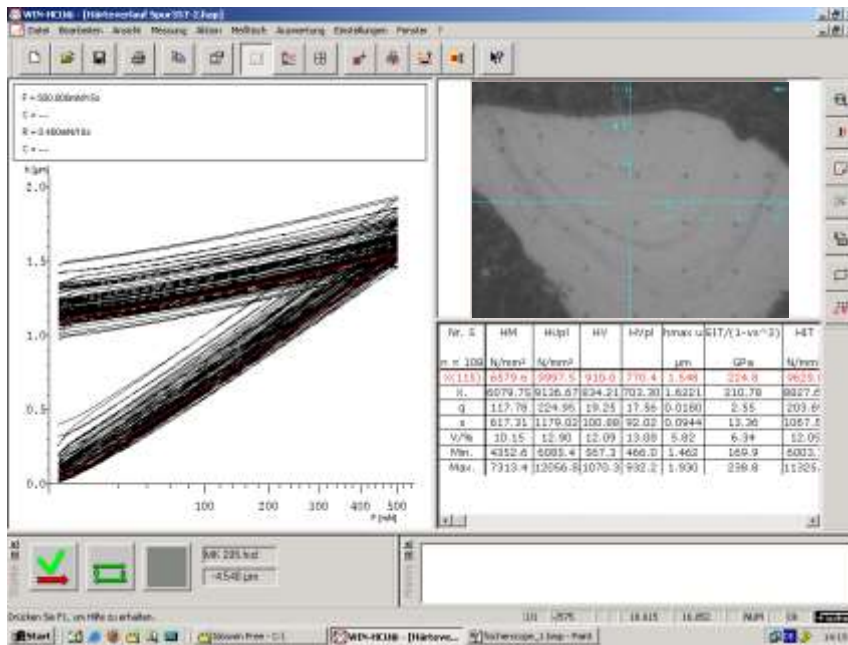
Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Universalhärteprüfer „Fischerskop HV100“

halbautomatische Bestimmung von Martenshärte und Elastizitätsmodul mittels registrierender Härteprüfung

digitale Messwerterfassung

- Last-Eindringkurve



minimale Last	0,4 mN
maximale Last	1000 mN
Eindringtiefe	max. 700 μ m
Probenabmessung	max. 190 mm x 440 mm
Vergrößerung des Messmikroskops	50x / 200x / 500x

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

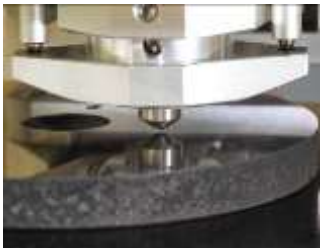
Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

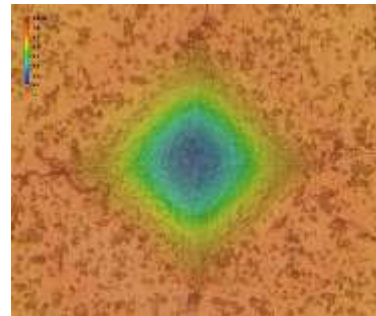
Mikrohärteprüfer „Shimadzu HMV-2000“ und „Zwick 321“



Shimadzu HMV-2000



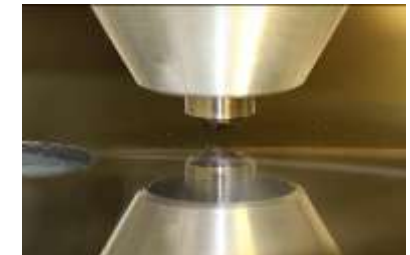
Bestimmung der Oberflächenhärte
nach dem Vickersverfahren



minimale Last (Shimadzu / Zwick)	0,1 kg (HV 0,1) / 0,2 kg (HV 0,2)
maximale Last (Shimadzu / Zwick)	2 kg (HV 2) / 10 kg (HV 10)
Vergrößerung des Messmikroskopes	100x / 500x



Zwick 321



Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Laserbeschriftungsanlage „Acsys-Piranha II Multi F20“



Lasergestützte
Oberflächentexturierung

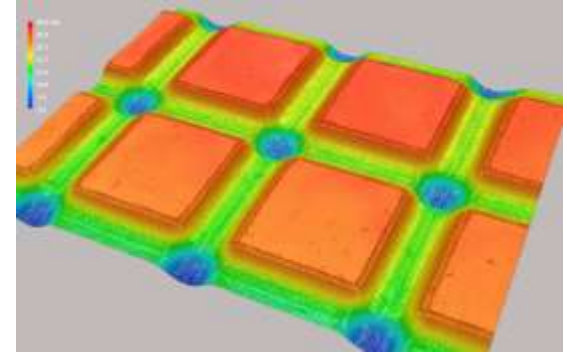
4-Achs-Positioniersystem

- x,y-Verfahrbereich 385 x 225 mm²
- z-Verfahrbereich 250 mm
- Drehachse (manuell schwenkbar)

Beschriftungsfeldgröße von 25 x 25 mm²,
60 x 60 mm² oder 170 x 170 mm²

maximale Bauteilgröße
ca. 300 x 300 x 200 mm³

Verarbeitung gängiger
Vektorprofil-Dateien



Wellenlänge	1064 nm
Strahldurchmesser	< 40 μ m
Pulsfolgefrequenz	20...80 kHz
Laserpulslänge	ca. 100 ns
Lasergeschwindigkeit	50...3000 mm/s
Leistung	20 W

Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

Kontaktwinkelmessgerät „dataphysics OCA 15 plus“



Bestimmung von

- Kontaktwinkel (statisch und dynamisch)
- Oberflächenenergie

Messmethoden

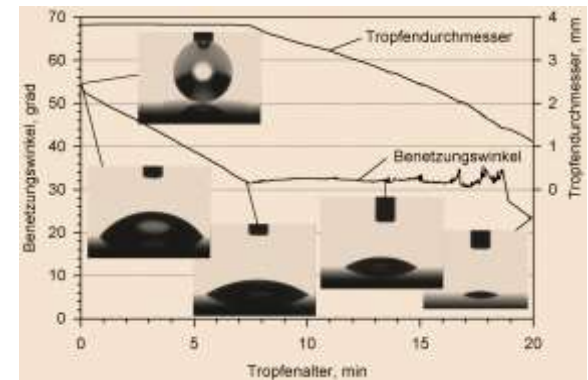
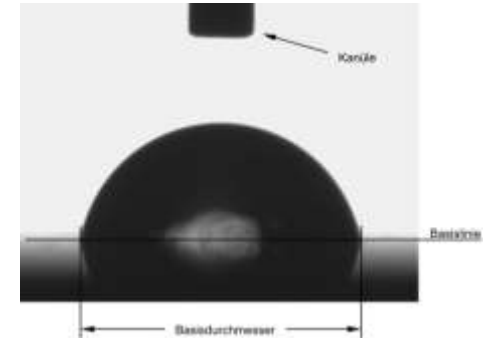
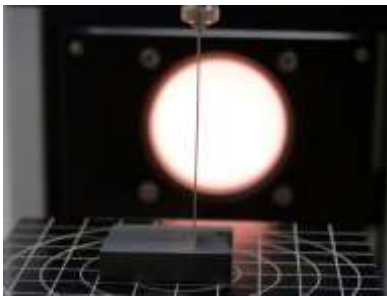
- Sessile und Captive Drop Methode
- Pendant Drop Methode

Probentisch

- Abmessung 100 x 100 mm
- Verfahrensbereich 100 x 100 x 50 mm

Probekörper

- max. Gewicht 15 kg
- max. Abmessung 220 x ∞ x 70 mm



Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu

FEI Helios Nanolab 650 Dual Beam Microscope

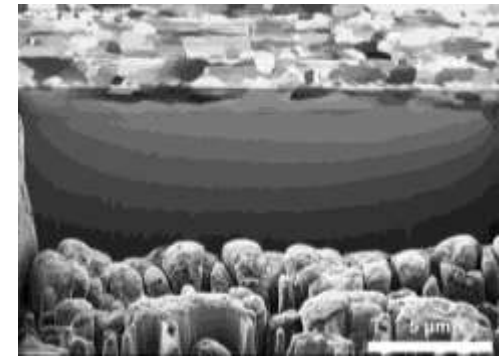
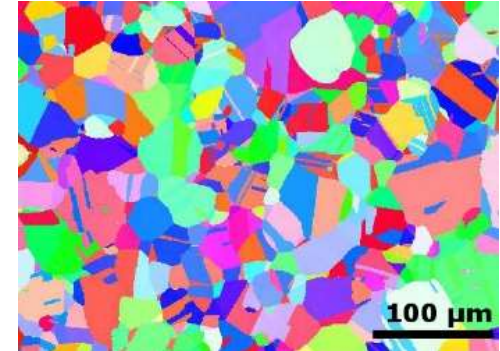


Kombination aus hochauflösendem

- Elektronenstrahl-Mikroskop
 - FESEM
 - STEM
 - Auflösung $\geq 0,8$ nm
- Ionenstrahl-Mikroskop
 - FIB
 - Auflösung $\geq 2,5$ nm

Analytik

- Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS)
- Electron backscatter diffraction (EBSD)



Kontakt: Dr.-Ing. Johannes Schneider // Dr.-Ing. Christian Greiner

Institut für Angewandte Materialien -- Computational Materials Science (IAM-CMS)

Tel. +49 (0)721 / 608 22916, johannes.schneider@kit.edu // Tel. +49 (0)721 / 608 26407, christian.greiner@kit.edu