

Fertigungstechnisches Seminar

„Ultrafast Lasers - Technologies and Applications”

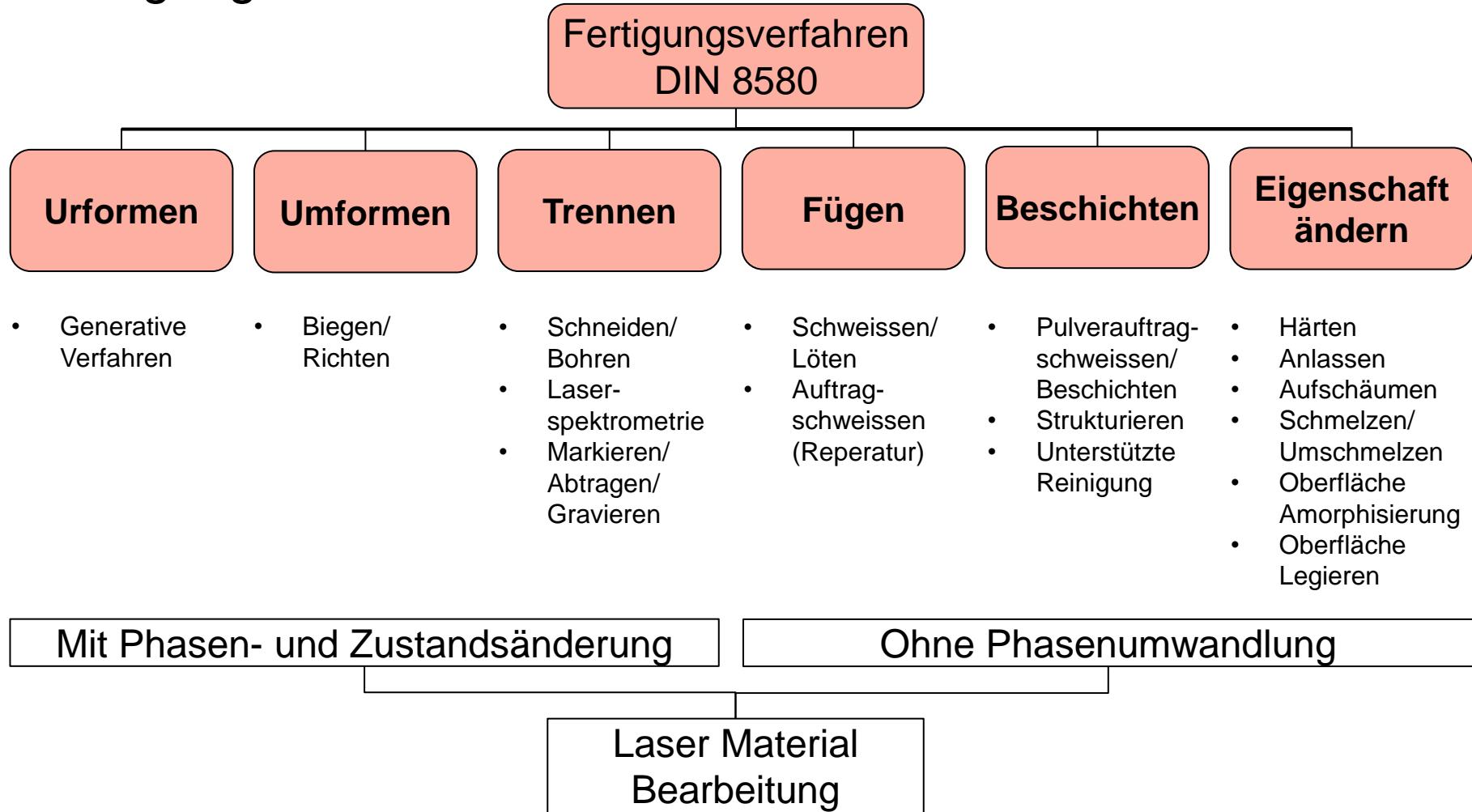
21. März 2013

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung
ETH Zürich

Prof. Dr. Konrad Wegener

- 13:30-13:45 **Begrüssung**
Prof. K. Wegener, Institutsvorsteher IWF ETH Zürich
- 13:45-14:30 **Digital Photonic Production**
Prof. Dr. Reinhart Poprawe, Fraunhofer ILT, Aachen
- 14:30-15:15 **High average power ultrafast lasers**
Prof. Dr. Ursula Keller, Institute of Quantum Electronics, ETH Zürich
- 15:15-15:45 **Networking Break, sponsored by Swissphotonics**
- 15:45-16:30 **UKP Laser in der Produktion – Spielzeug oder Werkzeug**
Dr. Prof. Dr. Michael Schmidt, Lehrstuhl für Photonische Technologien, Universität Erlangen
- 16:30-17:15 **Laser based processes for thin film deposition**
Prof. Dr. Thomas Lippert, Paul Scherrer Institut, Villigen
- 17:15-17:20 **Update Swissphotonics as the Swiss national technology network (NTN) for photonics**
Dr. Christoph Harder, Präsident Swissphotonics
- 17:30-18:30 **Apéro**
Gesponsert durch Swissphotonics

■ Laseranwendungen heute in allen Verfahrenshauptgruppen der Fertigungstechnik

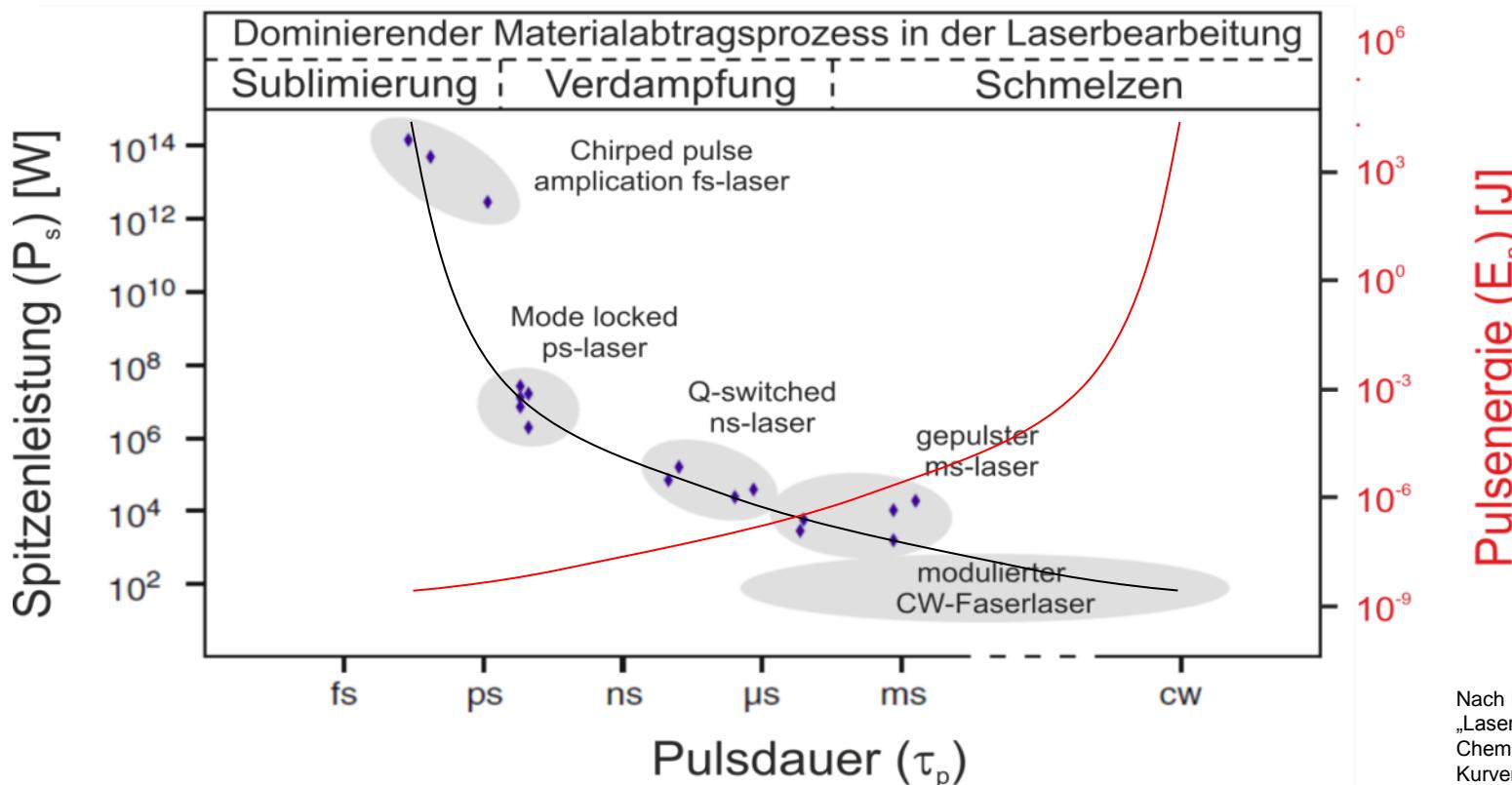


Laser-Mikrobearbeitung – Spannungsfeld der Anforderungen

inspire

- Kurze Pulsbreiten für präzisen / schädigungs-freien Materialabtrag
vs.
- Hohe Pulsennergien / mittlere Leistungen für wirtschaftliche Prozesse

- Wo fängt «Ultrakurzpuls» an?
- «Kalte Ablation»!, tatsächlich?
- Was ist noch «Makro», was bereits «Mikro»?



Nach K. Sugioka et al.
„Laser Processing and
Chemistry“ 2010
Kurven sind nur qualitativ.

- Forschung in der Ultrakurzpuls-Lasermikrobearbeitung:
«Die Suche nach Parametern»

- Industrieller Durchbruch braucht:
 - Leistungsfähigere und wirtschaftlichere Prozesse/Laserquellen
 - Industrietaugliche turn-key Lasermikrobearbeitungssysteme
 - Anwendungsspezifische Prozessparameter «auf der Maschine» (vgl. CO₂-Laserblechbearbeitung)



Ultrakurzpuls laser
hoher Leistung (Quelle:
Amphos, Edgewave)

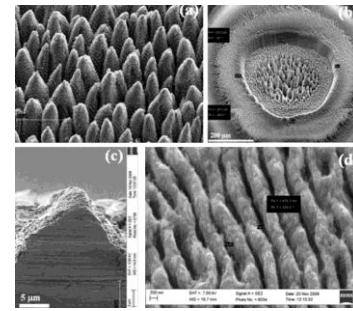
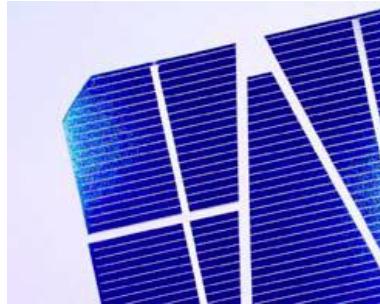
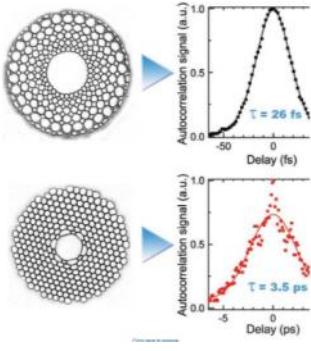


3D-Lasermikrobearbeitungsworkstations (Quelle: GFH, Kugler)



- \uparrow mittlere Leistung und \downarrow Pulsbreite (Faser vs. Scheibe)
- Schnelle Laserbearbeitung von Halbleitern (PV, Mikrochip):
 - Dünne Schichten
- Nanostrukturieren
- Bearbeitung von schwer bearbeitbaren Werkstoffen:
 - Werkzeuge (z.B. PKD, cBN)
 - Glas (z.B. Quarz, Borosilikat, Saphir)

Faserbauweise

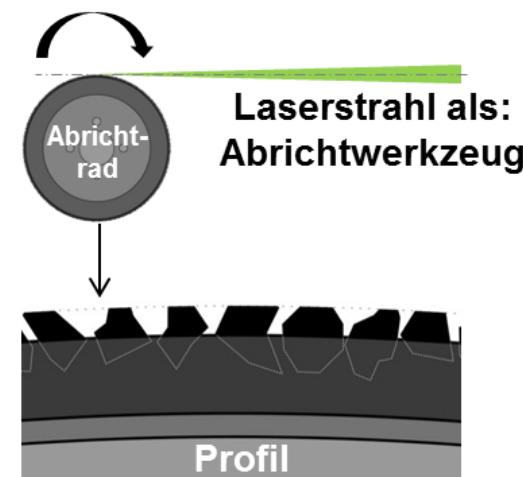
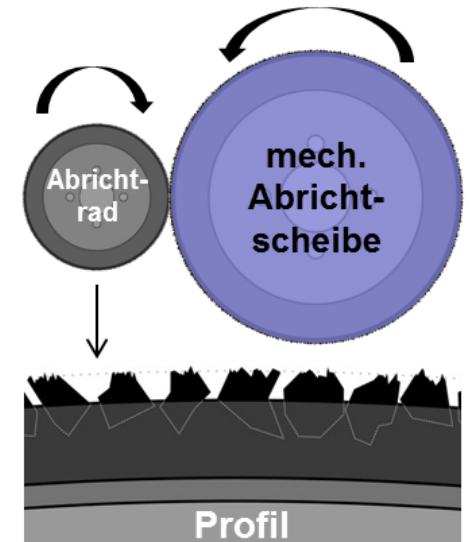
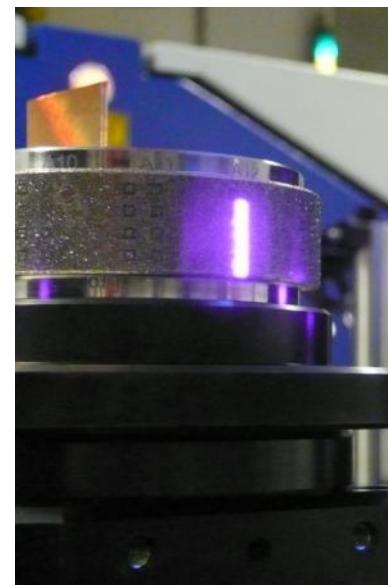
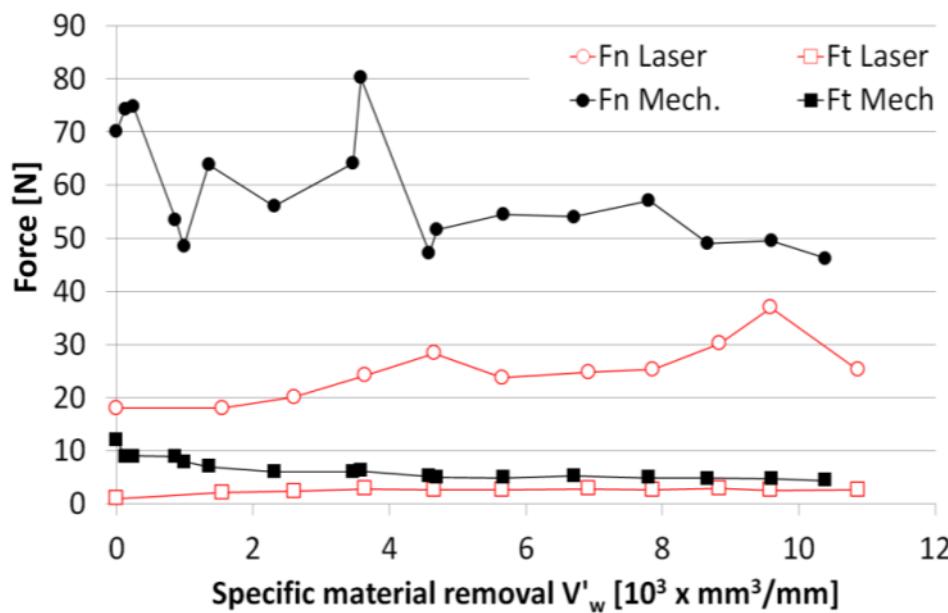


Quellen: Rofin, LMT/Kieninger, Laser Focus World , B.K. Nayak et al.

- Wissenschaftliche und industrielle Anwendungen verlangen nach Lasern mit ultrakurzen Laserpulsen und hohen Leistungen.
 - «*High average power ultrafast lasers*» Prof. Dr. Keller
- Vermehrte Kooperation in Forschung zwischen Hochschule & Industrie mit Ziel der schnelleren Umsetzung.
 - «*Digital Photonic Production*» Prof. Dr. Poprawe
- Entwicklung von effizienteren und präzisen Bearbeitungsprozessen.
 - «*UKP Laser in der Produktion – Spielzeug oder Werkzeug*» Prof. Dr. Schmidt
- Bearbeitung dünner Strukturen.
 - «*Laser based processes for thin film deposition*» Prof. Dr. Lippert

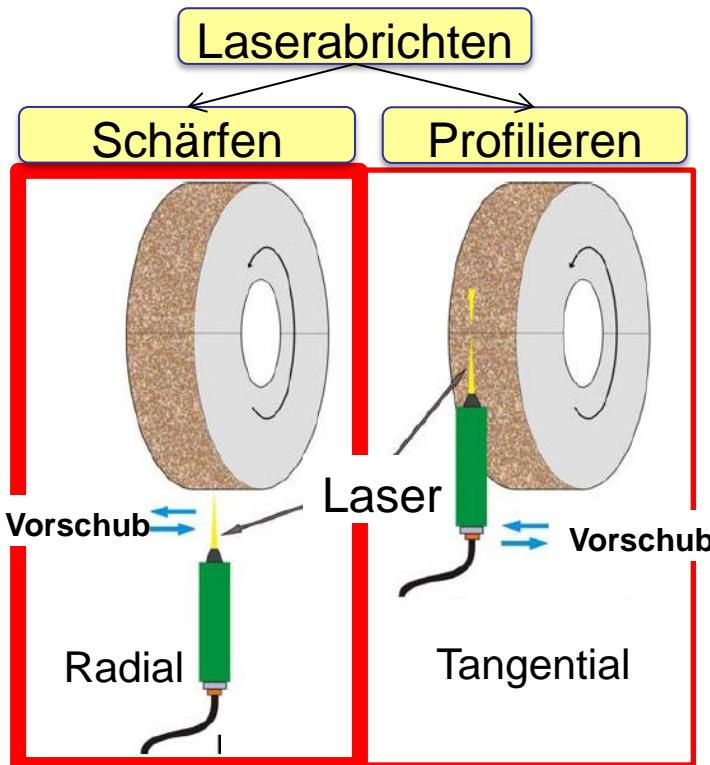
■ Lasertouchieren von Abrichtrollen

- Abrichtzeit >2x schneller zu mech. Abrichten
- Keine signifikante Graphitisierung
- Entfernen unerwünschter Flanken auf Diamantkorn
- Prozesskräfte geringer
- Weniger Energieeintrag auf WS bei SiC Abrichtvorgang durch bessere Oberfläche



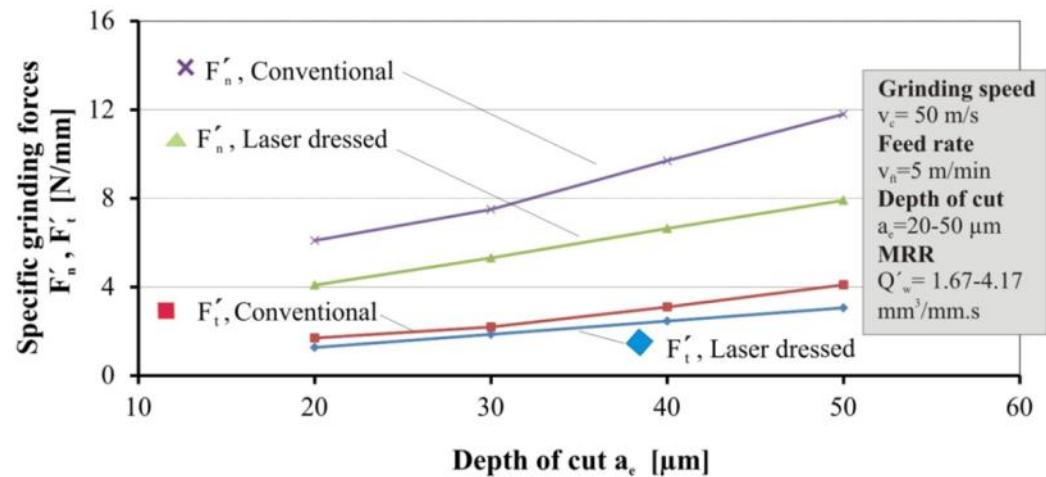
Laserabrichten hybridgebundener CBN-Schleifscheiben

→ Erzeugen der Schleifscheiben Topographie:

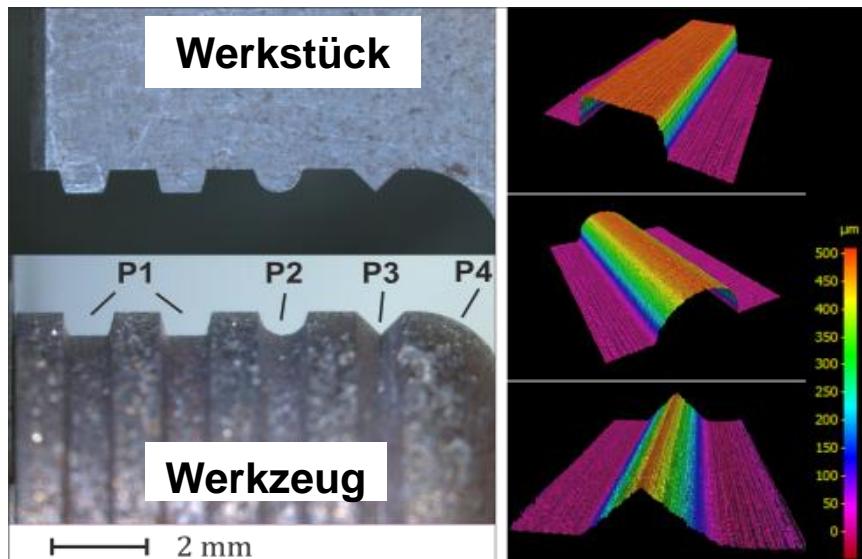
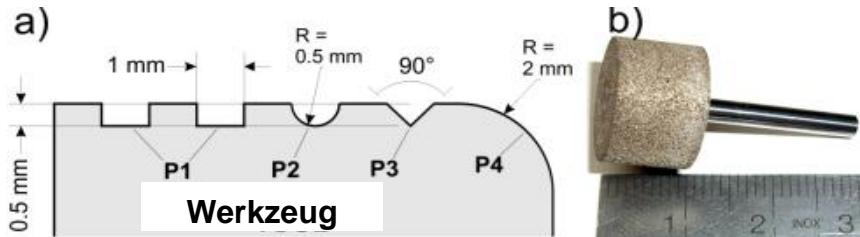


Schleifergebnisse:

- Tangential- und Normalkräfte (F_t , F_n) signifikant tiefer bei Bearbeitung mit gelasertem Werkzeug
- Gleichbleibender Abstand zu konventioneller Kraftkurve selbst bei hohen Materialabtragsraten
- Leicht höherer Verschleiss durch grösseren Kornüberstand

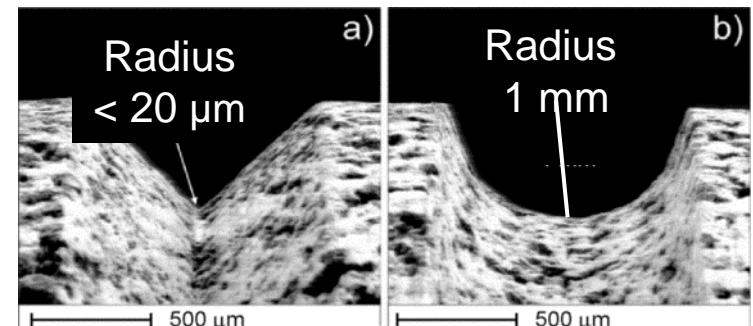


Profilieren von Schleifstiften:

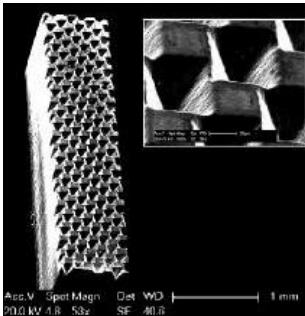
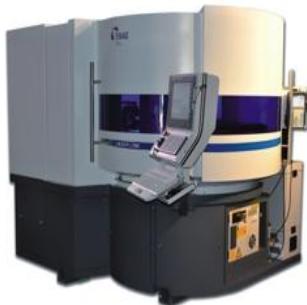


■ Resultate

- Schleifbedingungen stabil nach Einlaufen
- Kompakte Oberfläche durch tangentiales Laserprofilieren
- Kornbeschädigung durch Lasereinfluss vernachlässigbar
- Beim Einlaufen erfolgt Selbstschärfung & teilweise Kornausbrüche

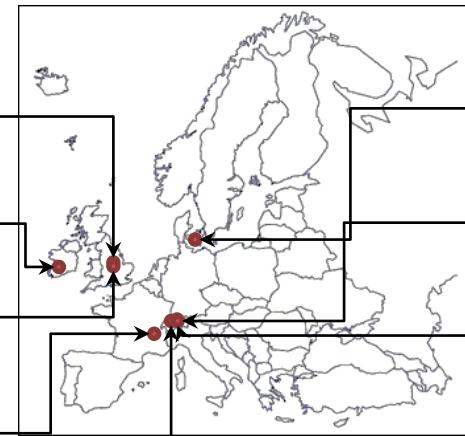


Enabling advanced functionalities of **Diamond** and other ultra-hard materials by **Integrated Pulsed Laser Ablation Technologies**



elementsix™

ZEEKO™

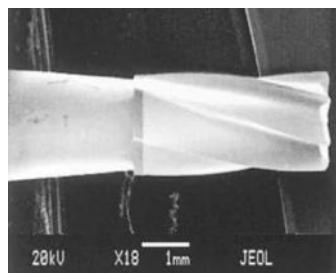
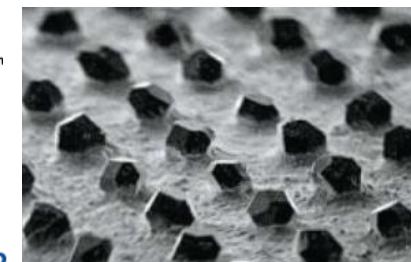


ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

REISHAUER
Gear Grinding Technology

EWAG
KÖRNER SCHLEIFRING

WALTER
KÖRNER SCHLEIFRING



www.fp7-diplat.eu

Coordinator contact:

IWF / ETH Zurich

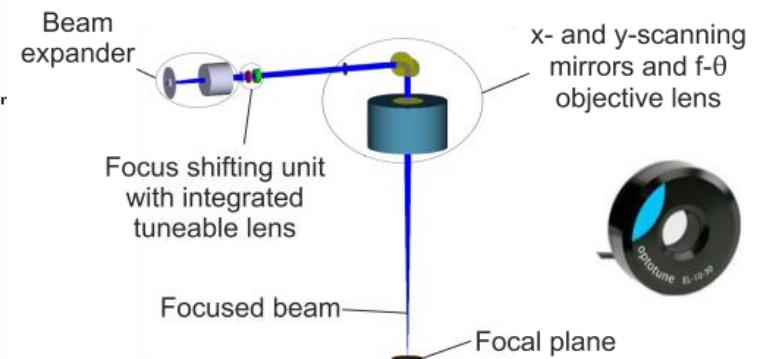
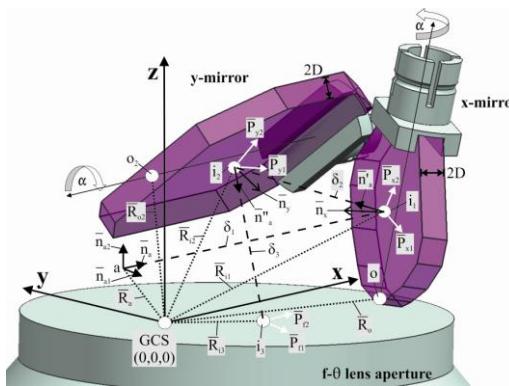
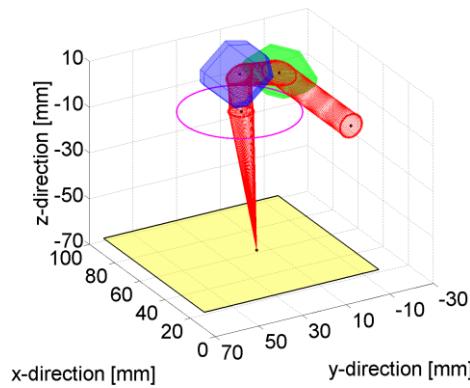
walter@iwf.mavt.ethz.ch



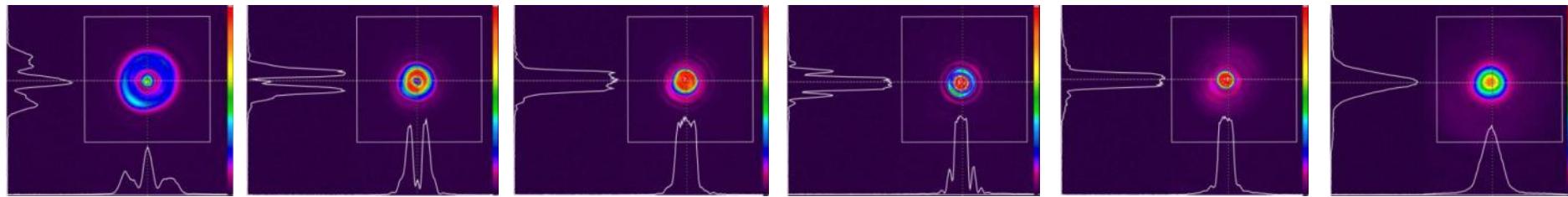
FP7-2012-NMP-ICT-FoF
FoF.NMP.2012-7 - New technologies for casting,
material removing and forming processes



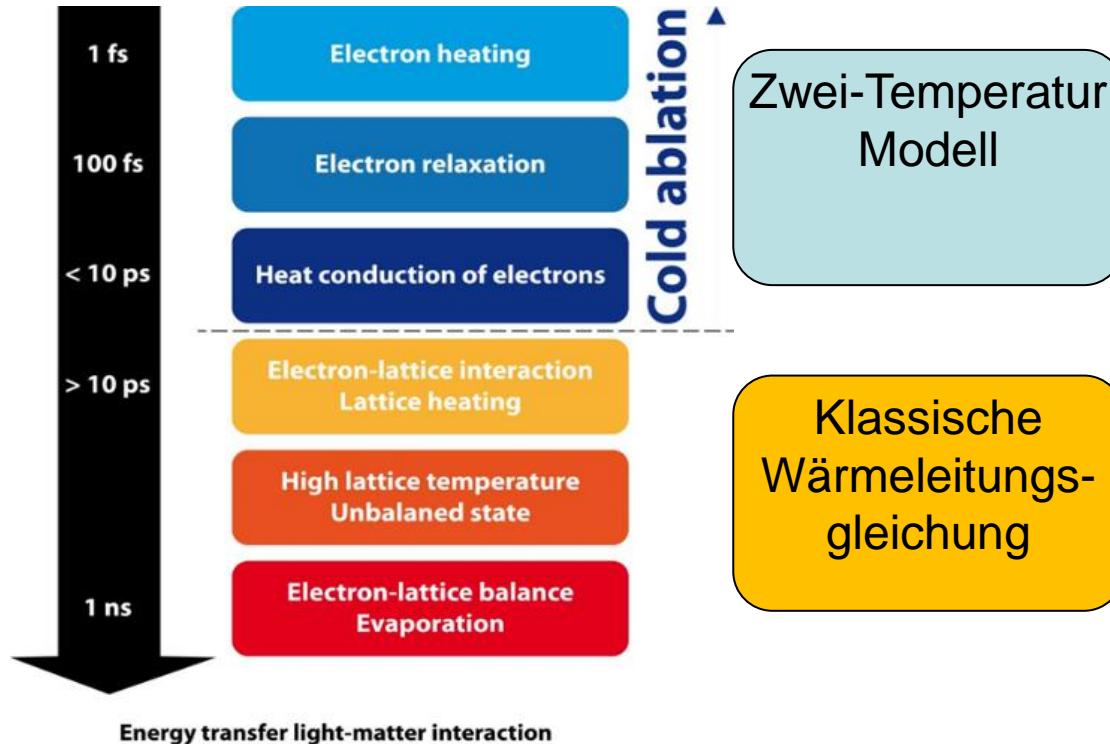
- Verhaltenverständnis und neues Design von Ablenkeinheiten
→ Prozesseffizienz, Fehlerquellen und Genauigkeit optimieren



- Strahlformung → unterschiedliche Abtragsergebnisse:
Entsprechende Verteilung für bestimmte Anwendung



- Heute: Ermittlung optimaler Bearbeitungsparameter erfolgt meist experimentell
- Ziel: Vorhersage des Bearbeitungsergebnisses mittels Simulation.



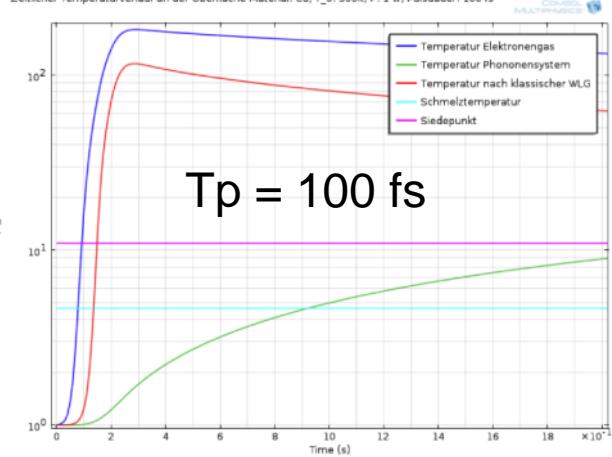
- Grenze zwischen «warmer» und «kalter» Ablation ist materialspezifisch und hängt massgeblich von der Elektronen-Phononen Kopplung ab
- Die Grenze kann grob bei etwa 10 ps Pulsdauer angesetzt werden
- In den thermischen und athermischen Regimen werden unterschiedliche mathematische Modelle zur Beschreibung herangezogen

Simulation kurzer und ultrakurzer Laserpulse

inspire

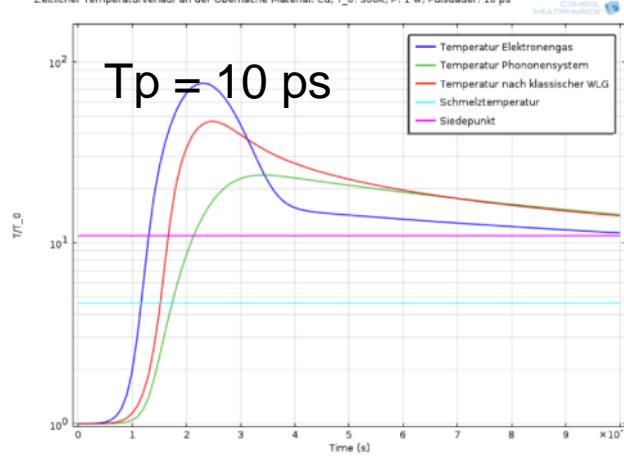
Zeitliche Temperaturrentwicklung an der Oberfläche einer Kupferprobe:

Zeitlicher Temperaturverlauf an der Oberfläche Material: Cu, T_0: 300K, P: 1 W, Pulsdauer: 100 fs



$T_p = 100 \text{ fs}$

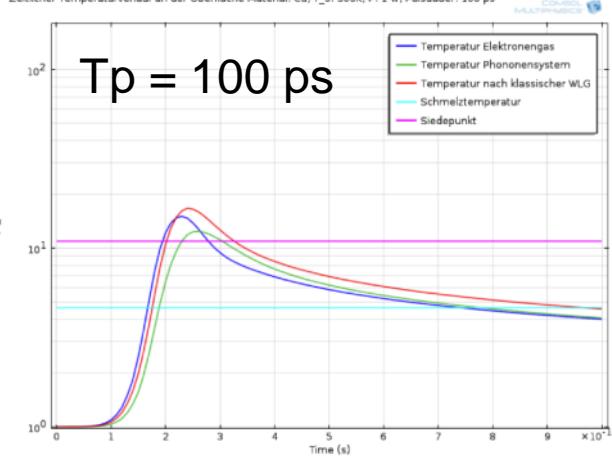
Zeitlicher Temperaturverlauf an der Oberfläche Material: Cu, T_0: 300K, P: 1 W, Pulsdauer: 10 ps



$T_p = 10 \text{ ps}$

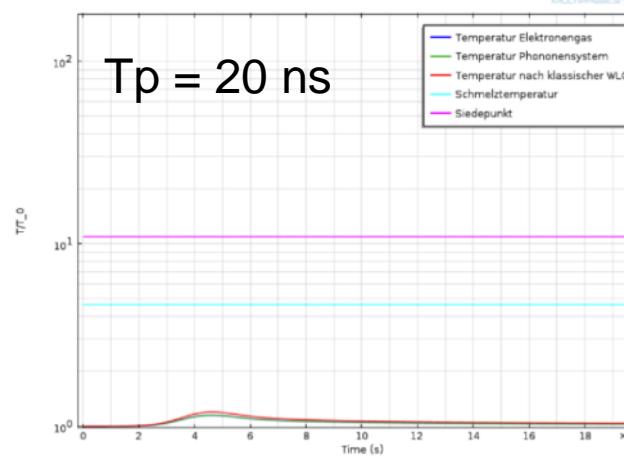
T_{Gitter}

Zeitlicher Temperaturverlauf an der Oberfläche Material: Cu, T_0: 300K, P: 1 W, Pulsdauer: 100 ps



$T_p = 100 \text{ ps}$

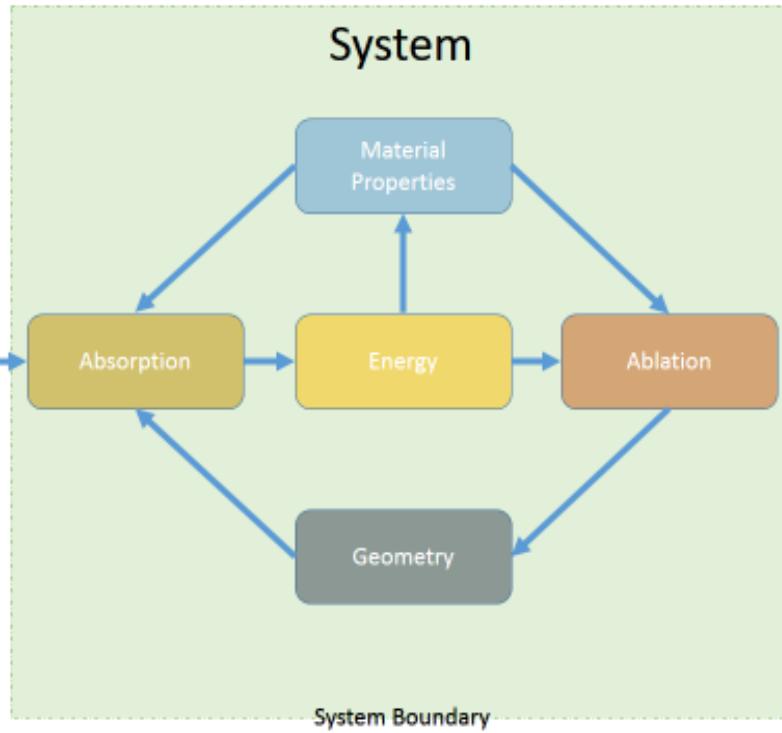
Zeitlicher Temperaturverlauf an der Oberfläche Material: Cu, T_0: 300K, P: 1 W, Pulsdauer: 20 ns



$T_p = 20 \text{ ns}$

$T_{\text{Elektronengas}}$

$T_{\text{Wärmeleitungstheorie}}$



Herausforderungen:

- Absorption der Laserenergie material- und temperaturabhängig
- Ermittlung der Zustands- & Transportgrößen in einem grossen Temperaturbereich
- Modellierung der Ablationsmechanismen
- Geometrie des Ablationsergebnisses modellieren

