

# Fertigungstechnisches Seminar

## „Ultrafast Lasers - Technologies and Applications”

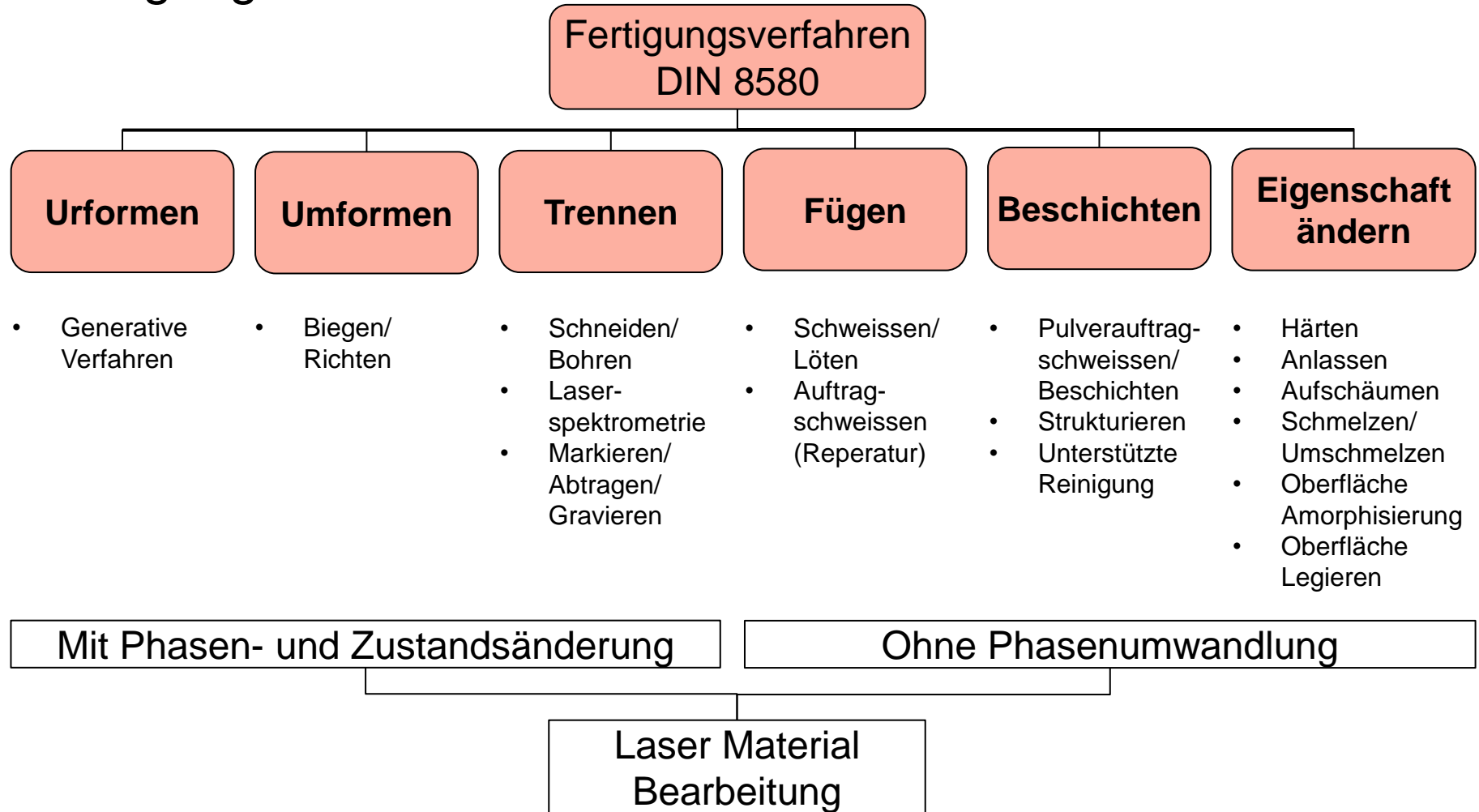
21. März 2013

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 Swissphonics**
- 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 Swissphonics as the Swiss national technology network (NTN) for photonics**  
*Dr. Christoph Harder, Präsident Swissphonics*
- 17:30-18:30     **Apéro**  
*Gesponsert durch Swissphonics*

- Laseranwendungen heute in allen Verfahrenshauptgruppen der Fertigungstechnik



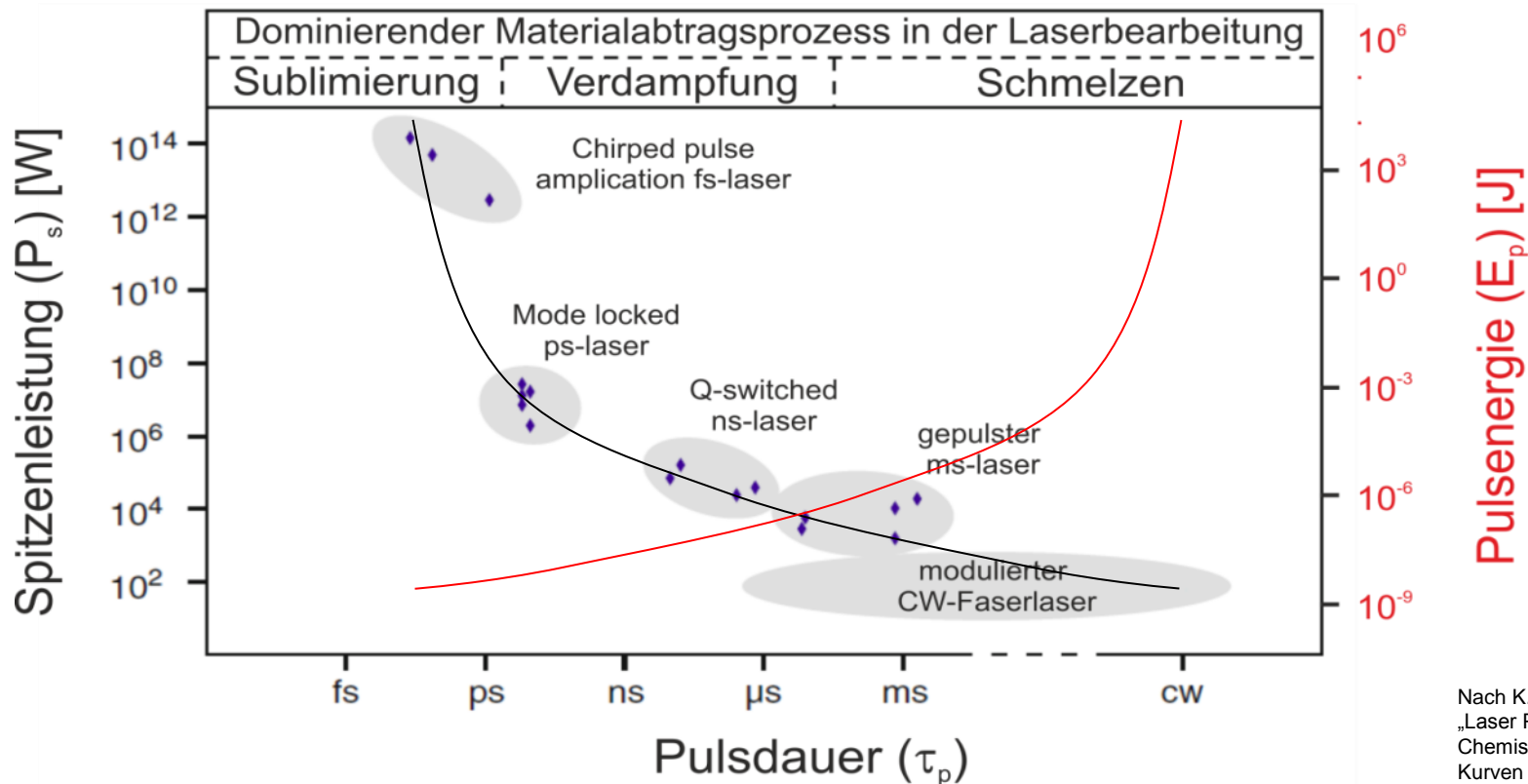
# Laser-Mikrobearbeitung – Spannungsfeld der Anforderungen

- Kurze Pulsbreiten für präzisen / schädigungs-freien Materialabtrag

vs.

- Hohe Pulsenergien / 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. CO<sub>2</sub>-Laserblechbearbeitung)



Ultrakurzpuls laser  
hoher Leistung (Quelle:  
Amphos, Edgewave)

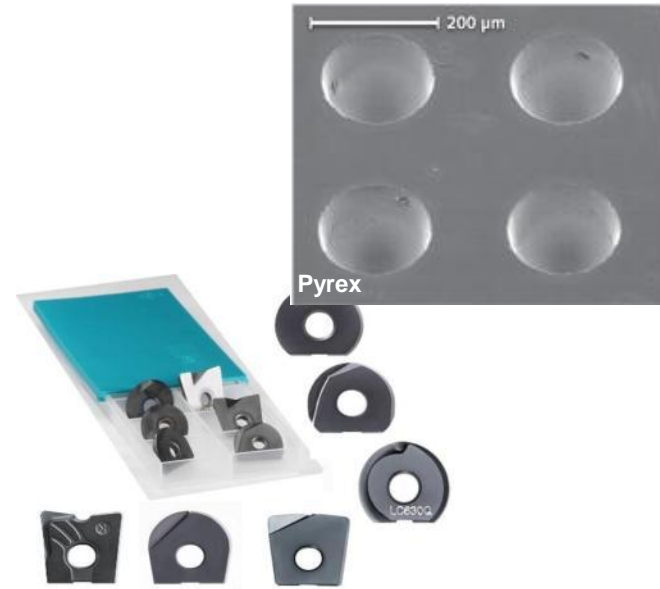
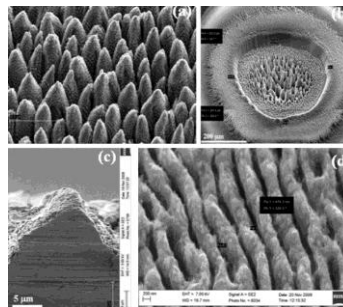
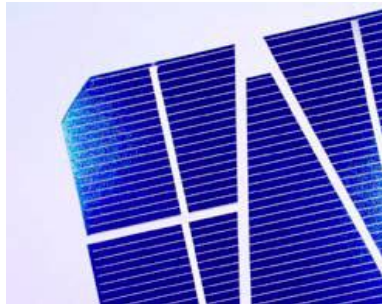
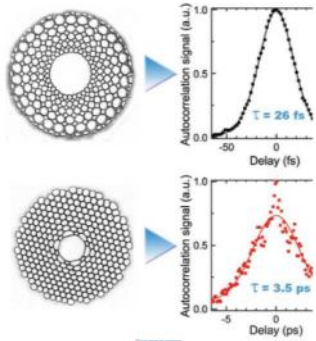


3D-Lasermikrobearbeitungs-  
workstations (Quelle: GFH,  
Kugler)



- $\uparrow$  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



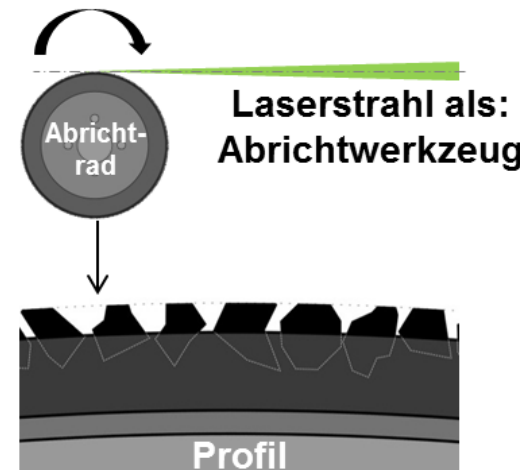
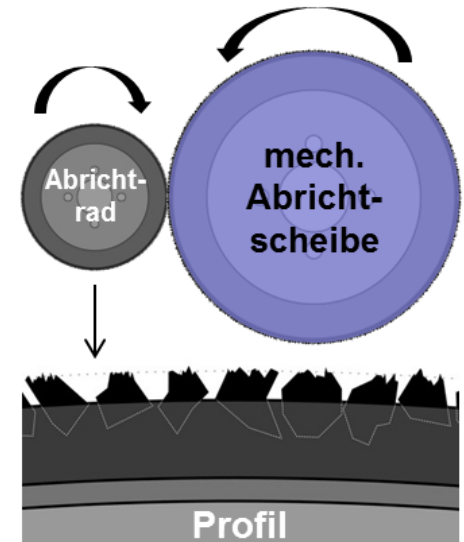
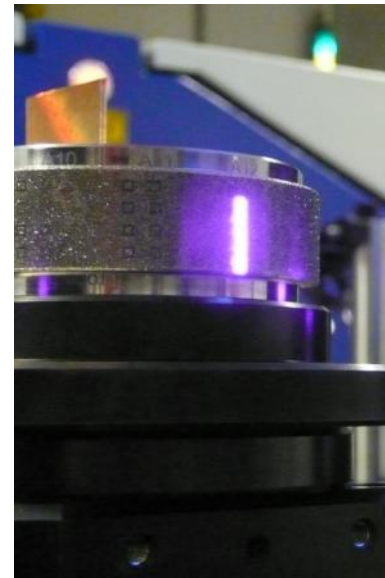
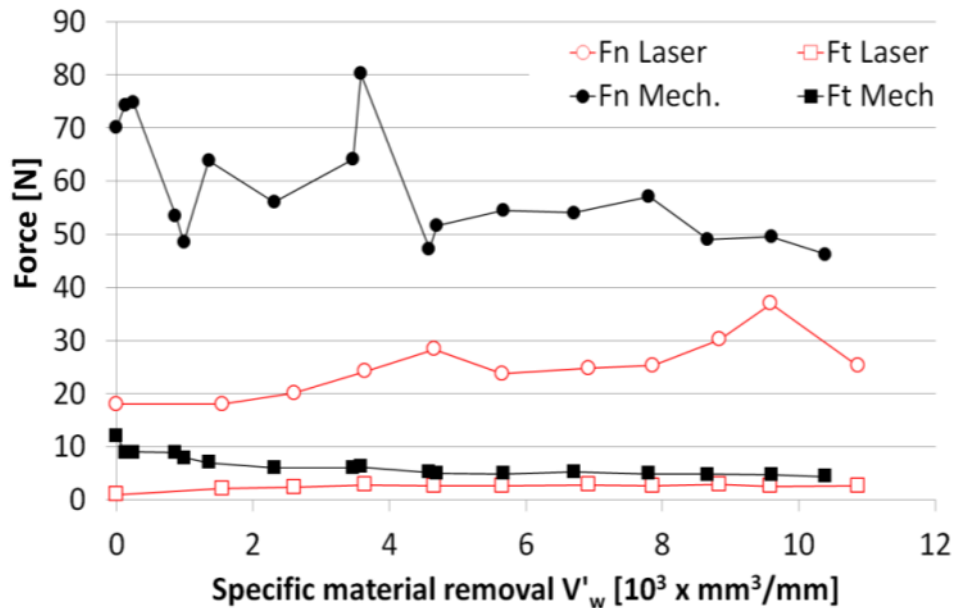
Quellen: Roфин, LMT/Kieninger, Laser Focus World , B.K. Nayak et al.

- 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

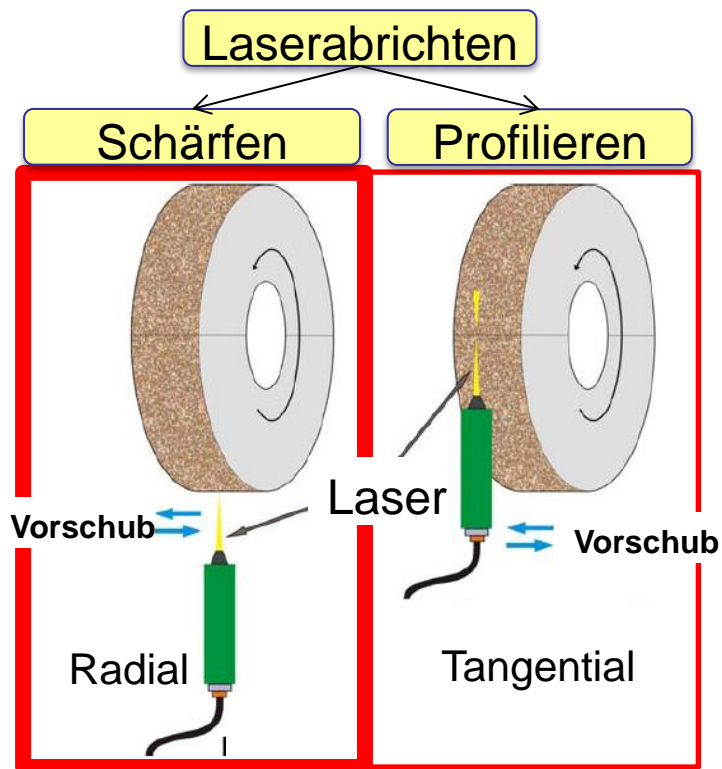
- Abrichtzeit >2x schneller zu mech. Abrichten
- Keine signifikante Graphitisierung
- Entfernen unerwünschter Flanken auf Diamantkorn
- Prozesskräfte geringer
- Weniger Energieeintrag auf WS bei SiC  
Abrichtvorgang durch bessere Oberfläche





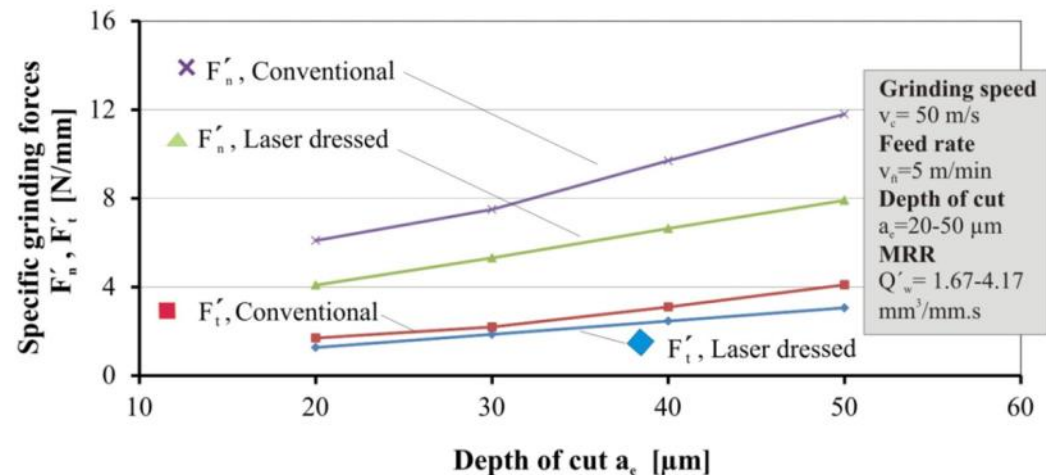
## Laserabrichten hybridgebundener CBN-Schleifscheiben

→ Erzeugen der Schleifscheiben Topographie:

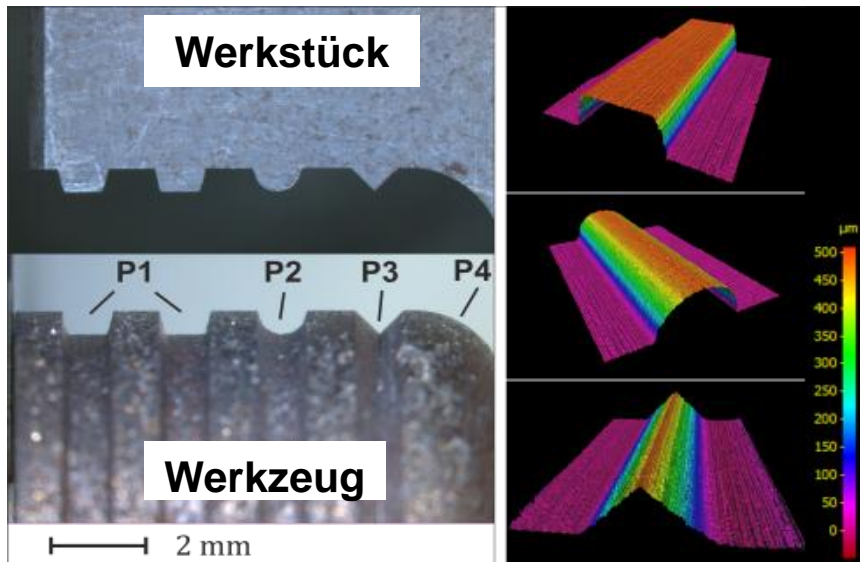
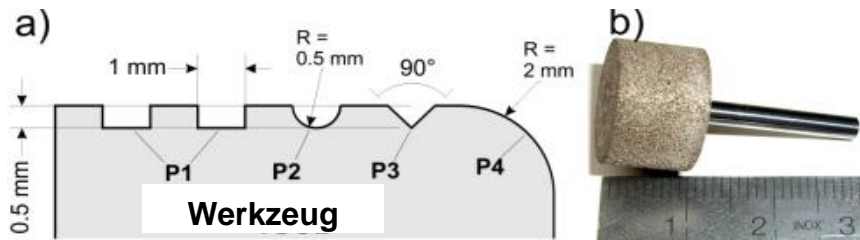


### Schleifergebnisse:

- 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

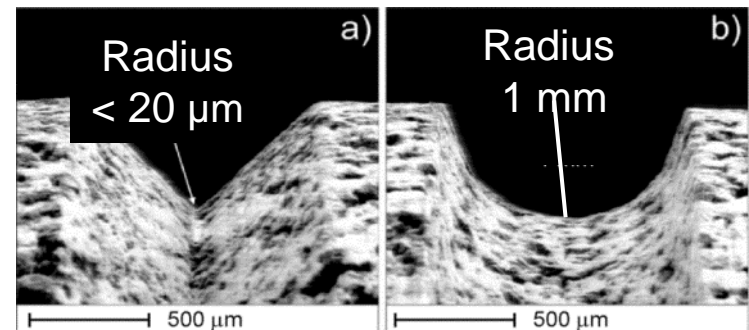


## Profilieren von Schleifstiften:

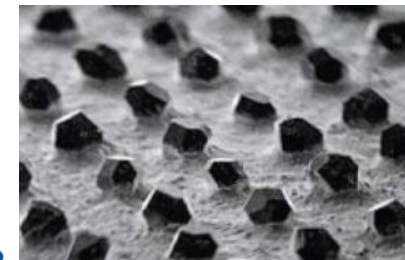
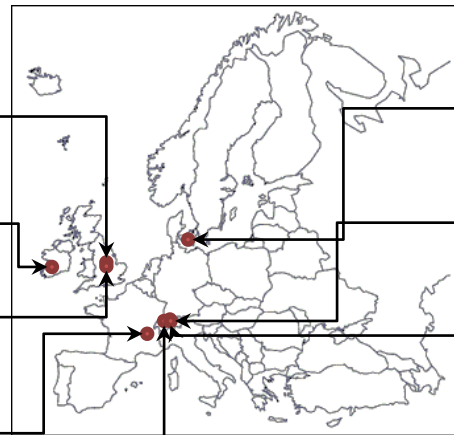
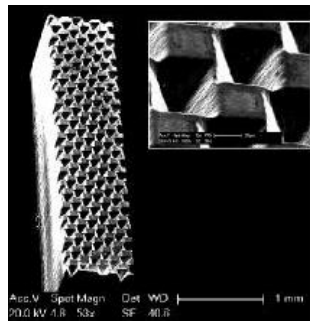


## ■ Resultate

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

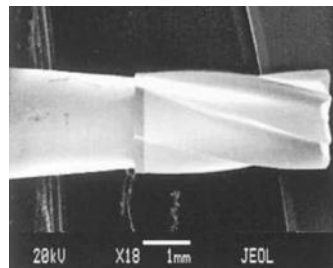


## Enabling advanced functionalities of **D**iamond and other ultra-hard materials by **I**ntegrated **P**ulsed **L**aser **A**blation **T**echnologies



[www.fp7-diplat.eu](http://www.fp7-diplat.eu)

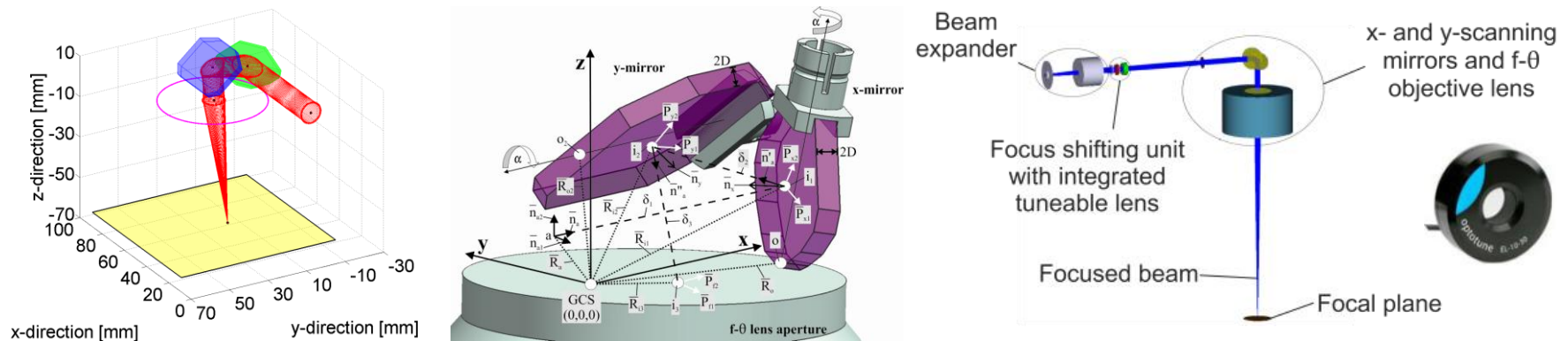
Coordinator contact: IWF / ETH Zurich  
walter@iwf.mavt.ethz.ch



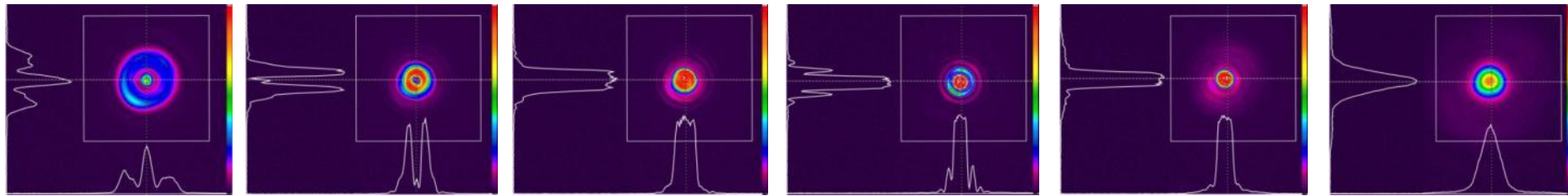
FP7-2012-NMP-ICT-FoF  
FoF.NMP.2012-7 - New technologies for casting,  
material removing and forming processes



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

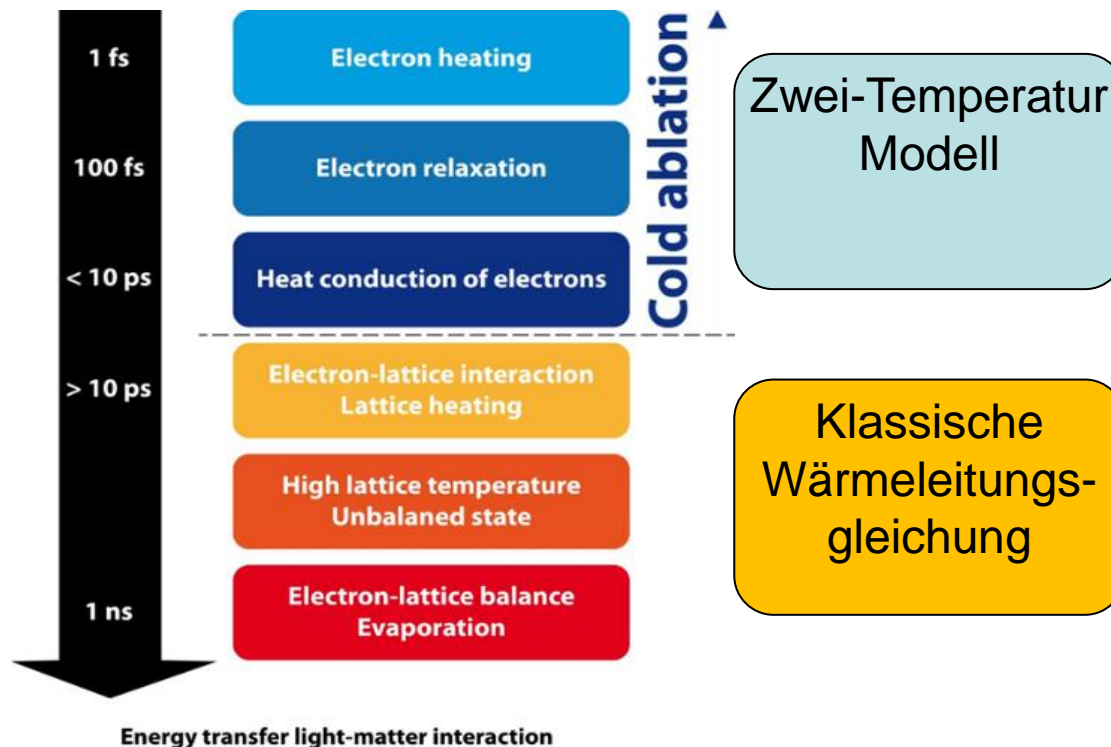


- Strahlformung → unterschiedliche Abtragsergebnisse:  
Entsprechende Verteilung für bestimmte Anwendung



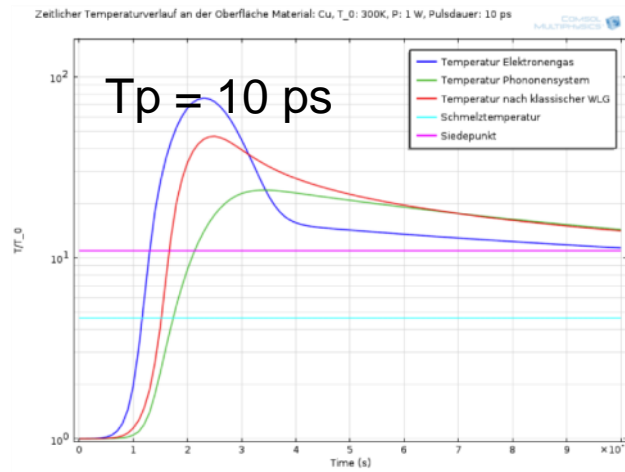
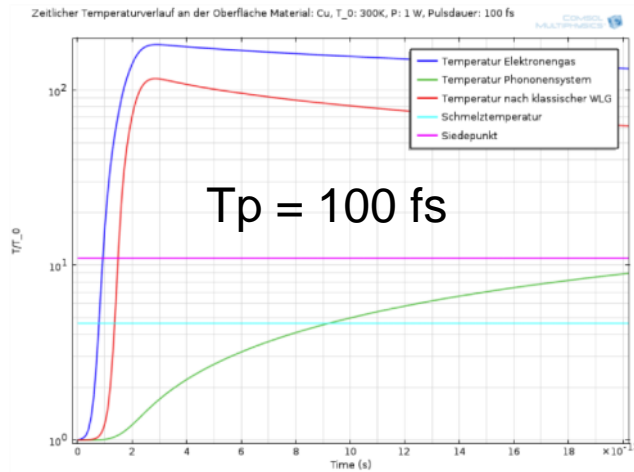


- Heute: Ermittlung optimaler Bearbeitungsparameter erfolgt meist experimentell
- Ziel: Vorhersage des Bearbeitungsergebnisses mittels Simulation.



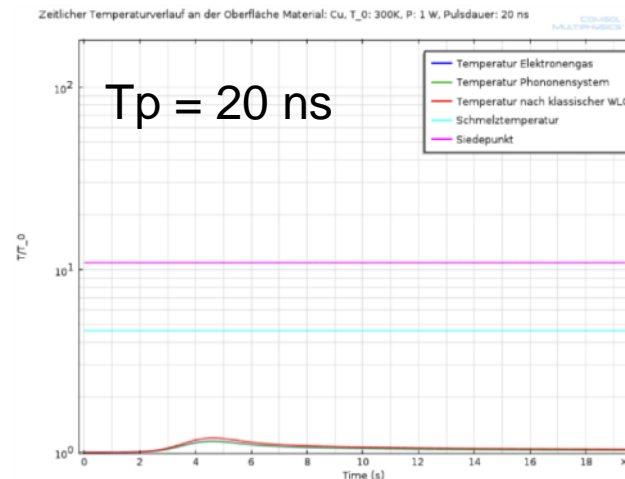
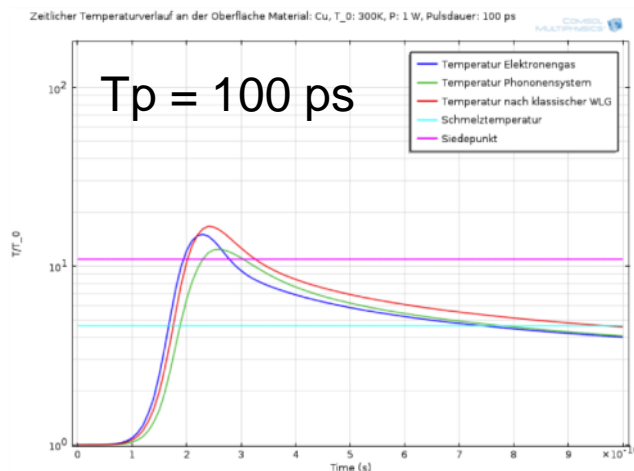
- Grenze zwischen «warmer» und «kalter» Ablation ist materialspezifisch und hängt massgeblich von der Elektronen-Phononen Kopplung ab
- Die Grenze kann grob bei etwa 10 ps Pulsdauer angesetzt werden
- In den thermischen und athermischen Regimen werden unterschiedliche mathematische Modelle zur Beschreibung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

## Zeitliche Temperaturentwicklung an der Oberfläche einer Kupferprobe:

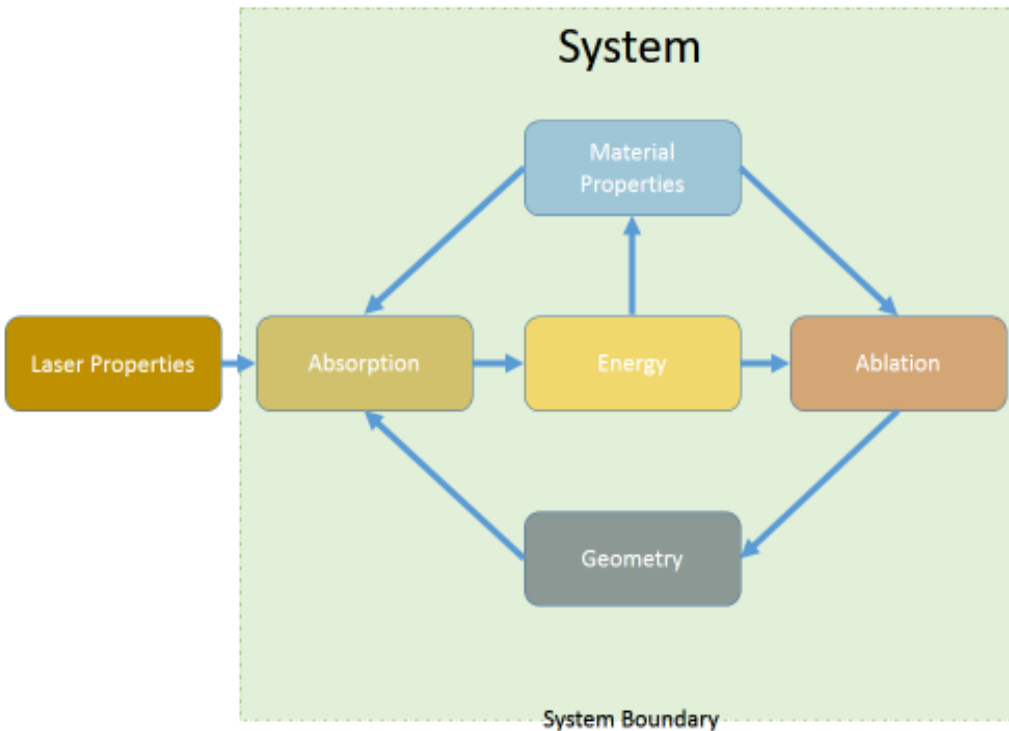


$T_{\text{Gitter}}$

$T_{\text{Elektronengas}}$



$T_{\text{Wärmeleitungstheorie}}$



## Herausforderungen:

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

