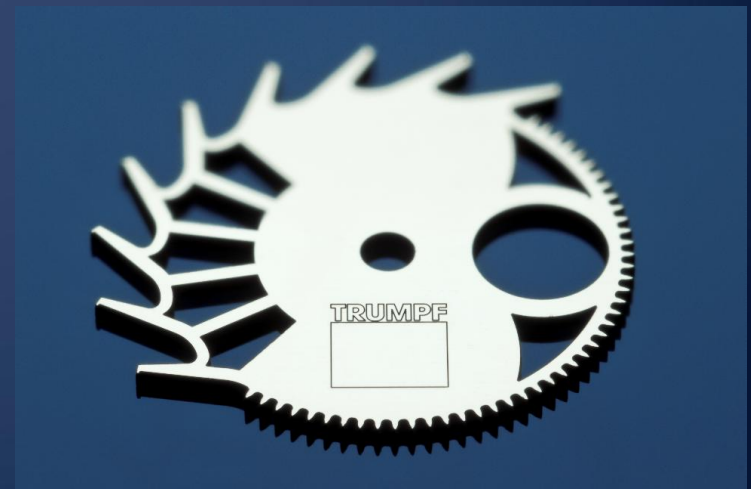


Laser-Schneiden von komplexen mikro-mechanischen Konturen ohne Kantenwinkel

Trends in Micro Nano

Janko AUERSWALD
Leiter Applikationszentrum

Biel, Oktober 25, 2016



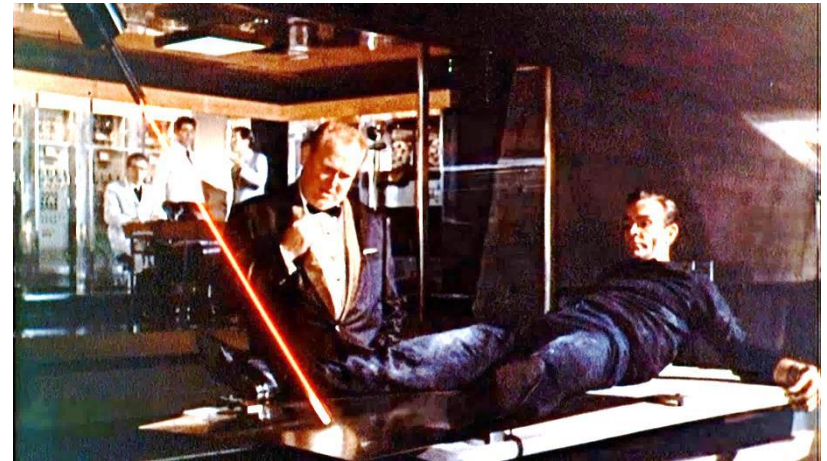
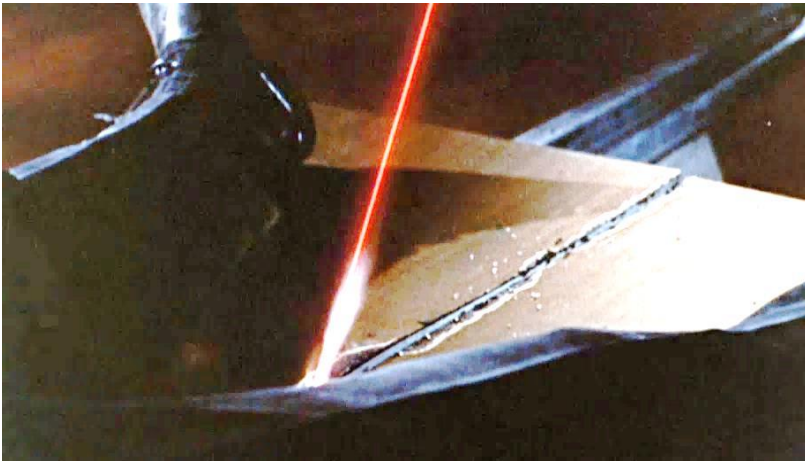
Outline

1) Motivation

- 2) Taperwinkelkorrektur mit TruMicro Laser und precSYS Optik
- 3) Alternativer Prozess für transparente Materialien

Eigenschaften von Laserstrahlung

- **Kohärent** (Photonen schwingen in Phase)
- **Gerichtet** (Ausbreitung Photonen in gleiche Richtung)
- **Monochromatisch** (einfarbig, UKP breitbandiger)
- **Traditionelle Laser: HEISS !!!**

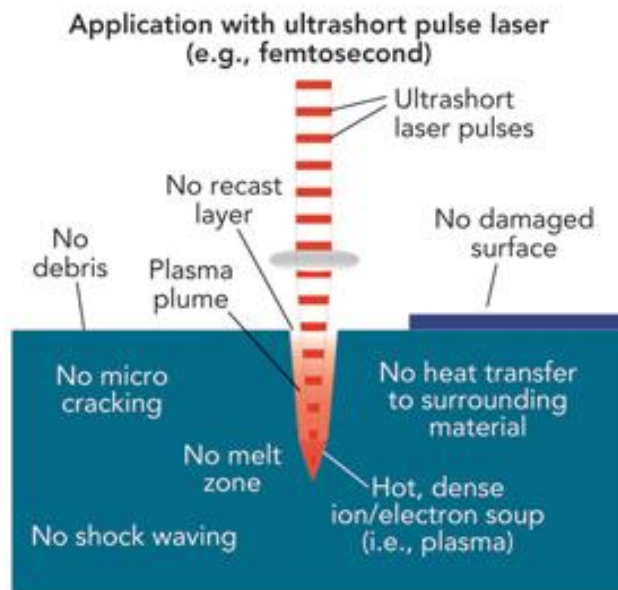


Vorteile von UKP Lasern

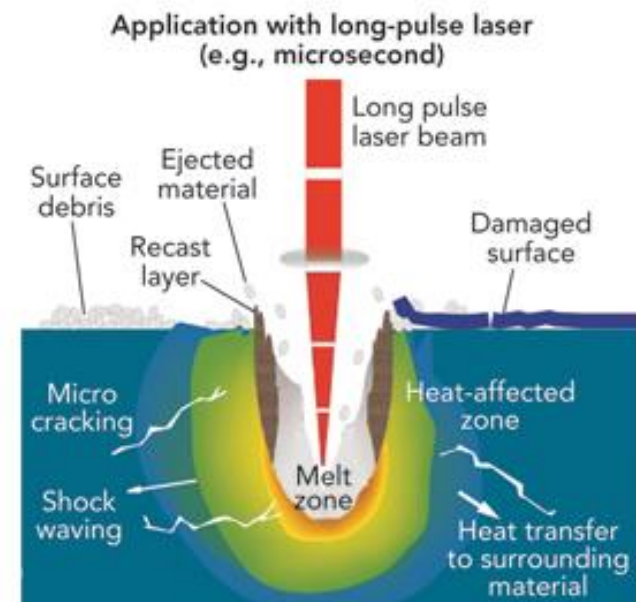


„Kalte“ Bearbeitung: keine Wärmeeinflusszone

- Feinere Kanten und Flächen
- Keine Deformationen, Risse



UKP Laser

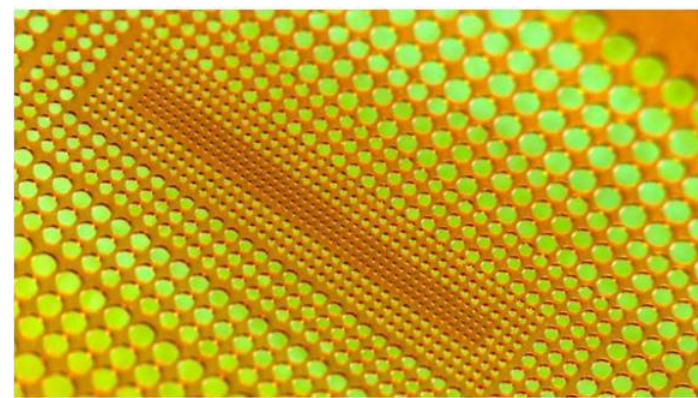
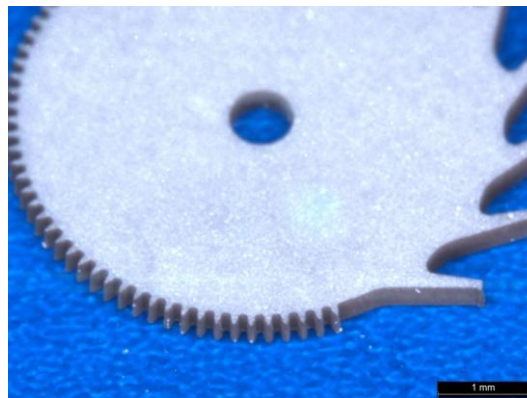
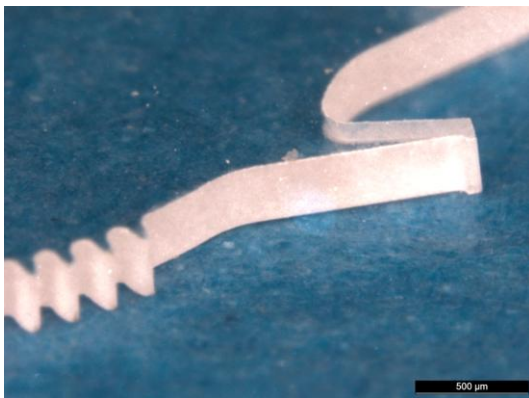
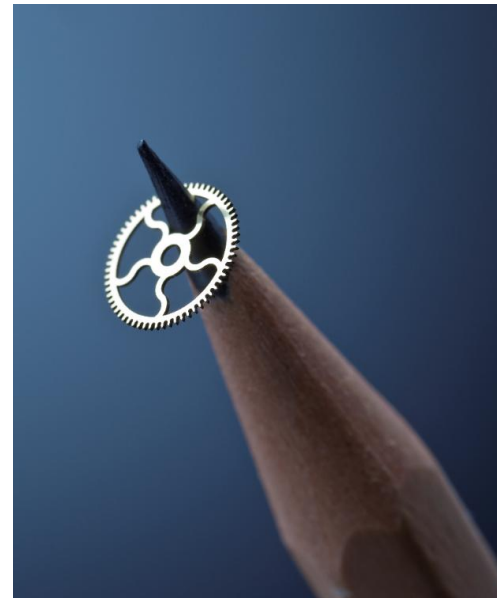


Klassischer Industrielaser

Vorteile der UKP Laserbearbeitung



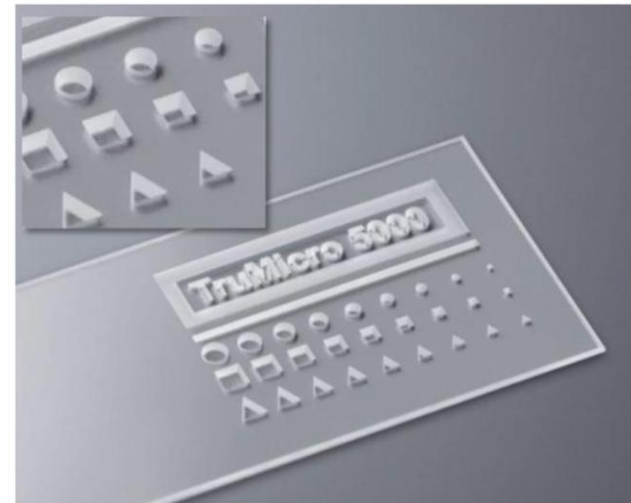
- Vielfalt der Materialien
 - Metalle, Keramiken, Saphir, Glas
 - Halbleiter, Kunststoffe
 - Verbundwerkstoffe
- Hohe Präzision und Qualität ($R_a < 1 \mu\text{m}$)
- Designfreiheit
- Schneiden, Bohren, Ablation, Gravuren, ...



UKP und das Kantenwinkel-Thema

Häufig 90° Kantenwinkel gefordert

- **Festoptik**
 - Metalle: ca. 89° erreichbar
 - Keramik, Silizium, Saphir: 88°
- **Scanner optics**
 - Wesentlich flachere Taperwinkel
- **Trepanieroptiken**
 - Gut geeignet für Bohranwendungen
 - **Schneiden komplexer Konturen erfordert Weiterentwicklung**
 - Prozesszeit
 - Präzision
 - Kantenqualität
 - Reduktion des Trepanierradius
 - Kostenthema



Uhrenindustrie

Hoher Qualitätsanspruch



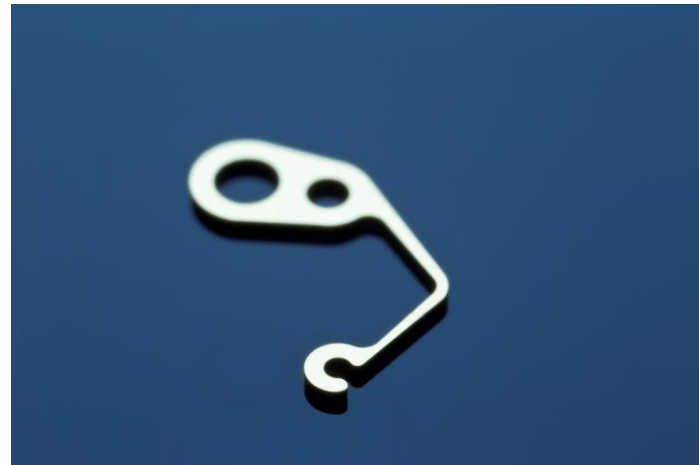
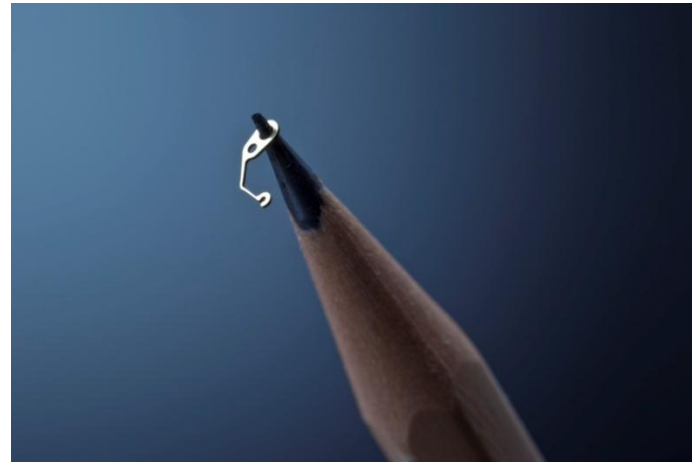
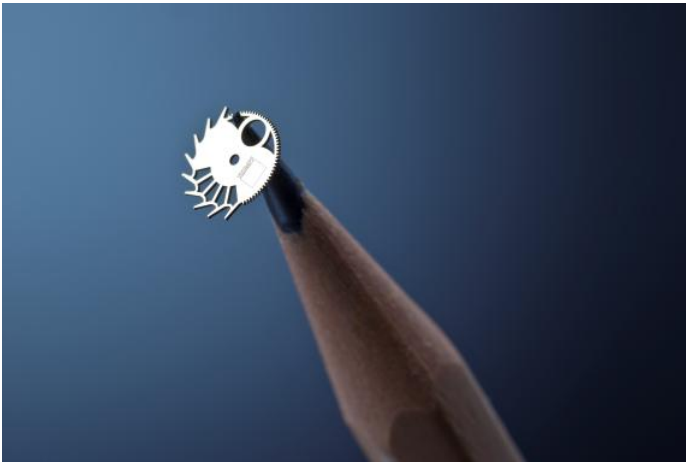
- Laserprozesse
 - Feinschneiden
 - Ablation
 - Bohren
 - Gravuren
 - Oberflächentexturen
- Grosse Materialvielfalt
- Grosse Designvielfalt
- Vertraulichkeit



<http://www.piaget.de/uhrwerk/ultraflaches-skelettirtes-uhrwerk-838S>

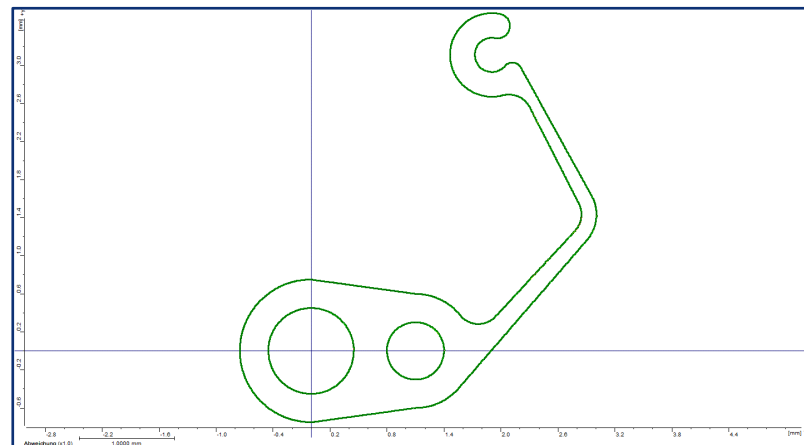
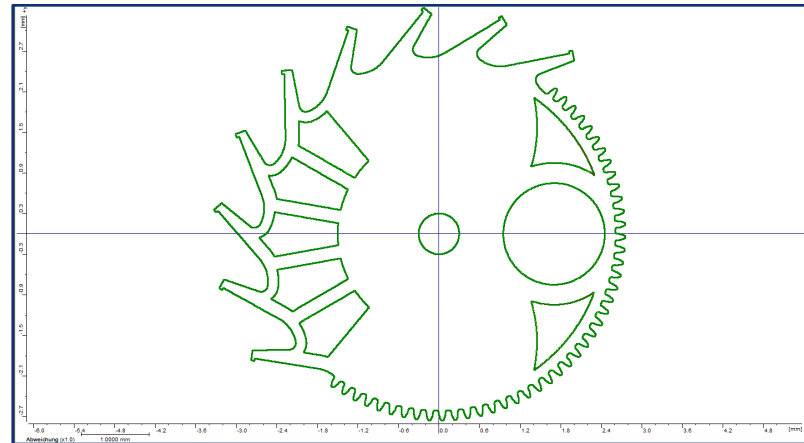
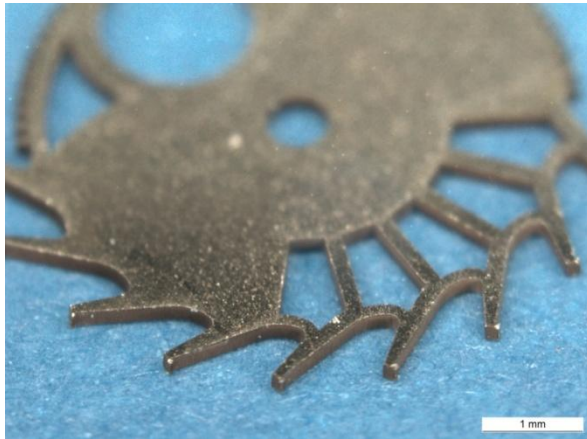
Demonstratoren: Multifunktionsrad und Hebelfeder

Typische Geometrien



Toleranzen von ± 3 Mikrometern

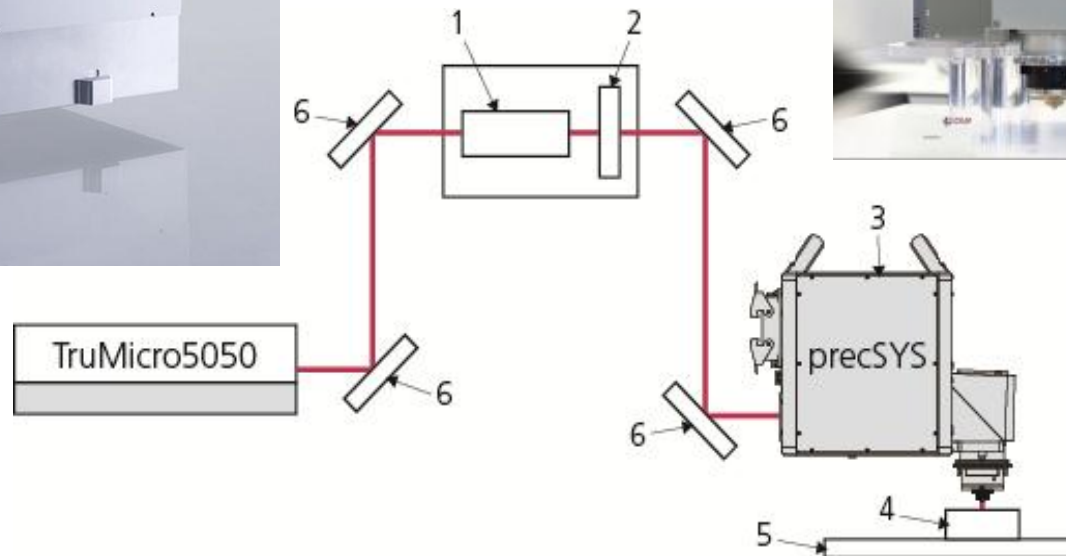
(grün: Messpunkte innerhalb der Toleranz)



Outline

- 1) Motivation
- 2) **Taperwinkelkorrektur mit TruMicro Laser und precSYS Optik**
 - **Keine Strahlanstellung**
 - **Statische Strahlanstellung**
 - **Dynamisches Trepanierschneiden**
- 3) Alternativer Prozess für transparente Materialien

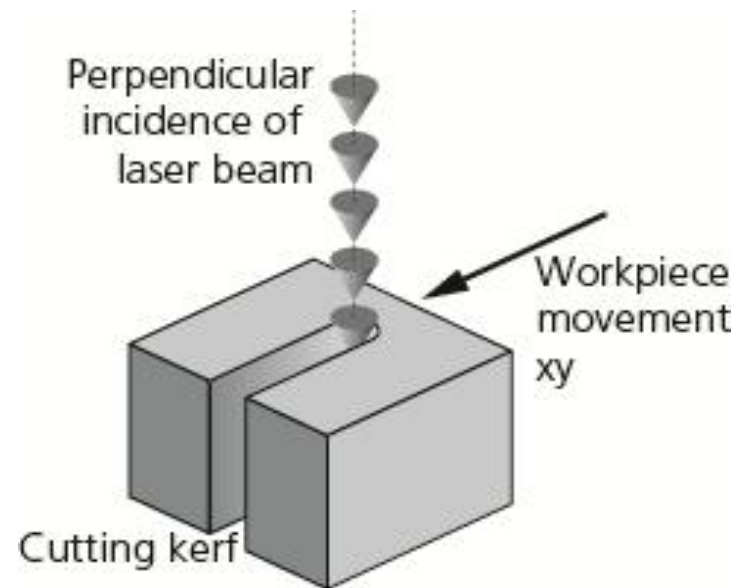
TruMicro 5050 mit Scanlab precSYS Optik



1-beam reducer, 2-circular polarizer, 3-SCANLAB precSYS, 5-axis sub system, 4-sample fixation, 5-x-y-z-stage, 6-mirror

Keine Strahlanstellung

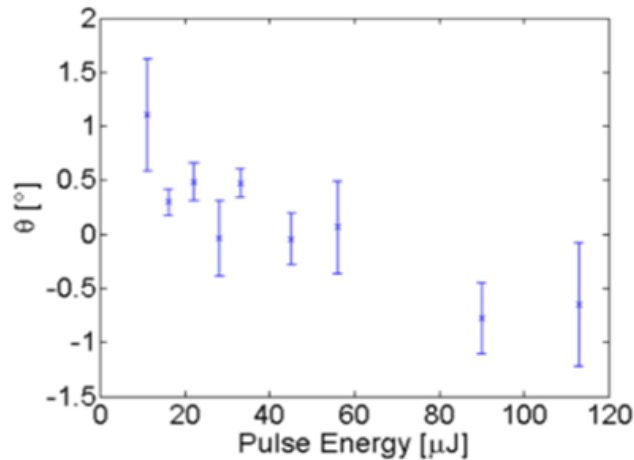
Finden guter Basisparameter für die weiteren Tests



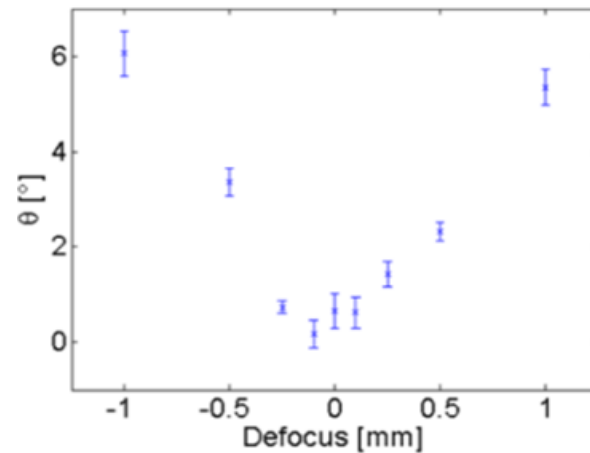
Einfluss der Laserparameter auf den Taperwinkel



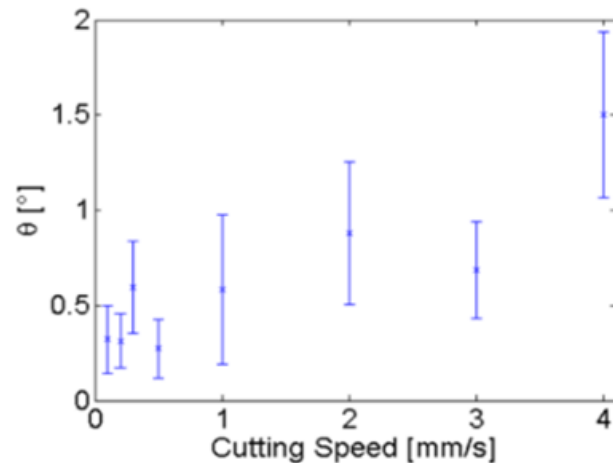
Pulsenergie, Defokus, (Vorschub → Pulsüberlapp, Repetitionsrate)



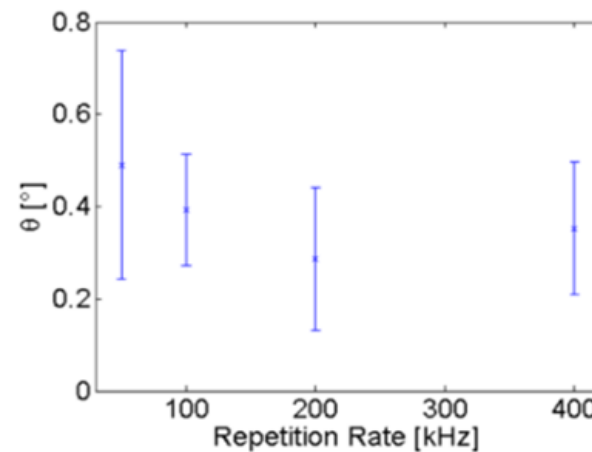
(a) Pulse Energy



(b) Defocus



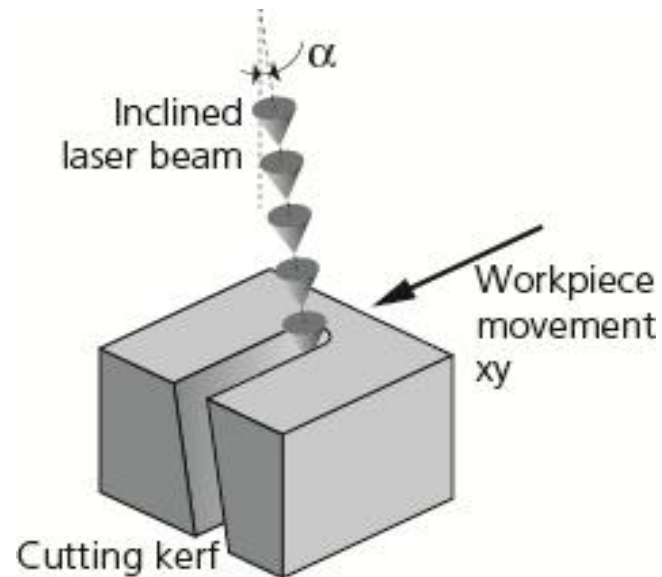
(c) Cutting Speed



(d) Repetition Rate

Statische Strahlanstellung

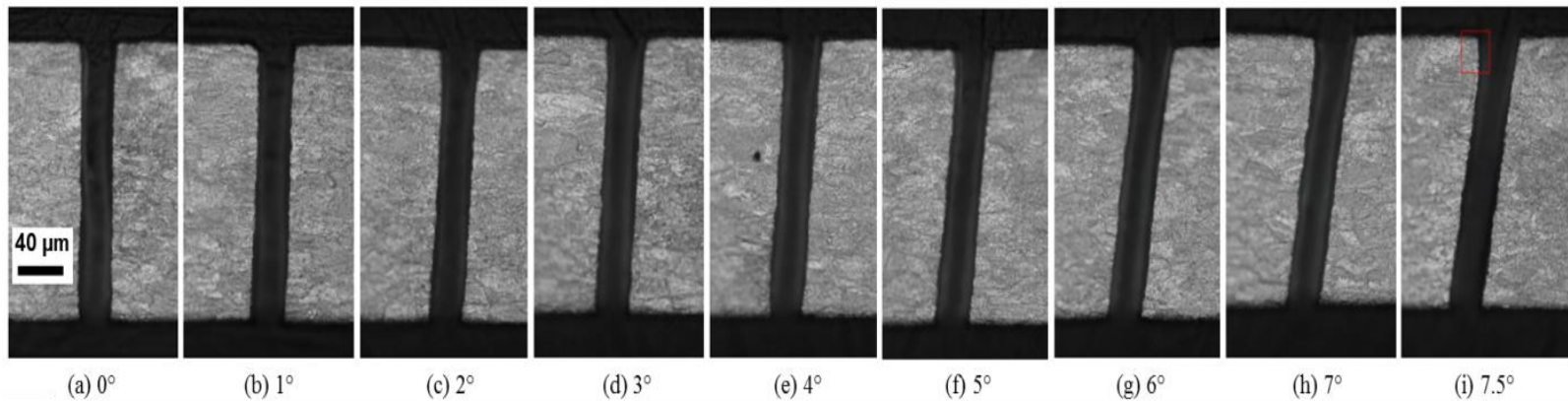
Würde 90° Kantenwinkel mit scharfen Innenradien erlauben
(kein Trepanierradius)



Schneiden mit statischer Strahlanstellung

Kein Trepanieren, nur Strahlanstellung und linearer Vorschub

- Würde in Zukunft das Schneiden scharfer Innenradien ermöglichen
- Verwendung der o. g. Basisparameter

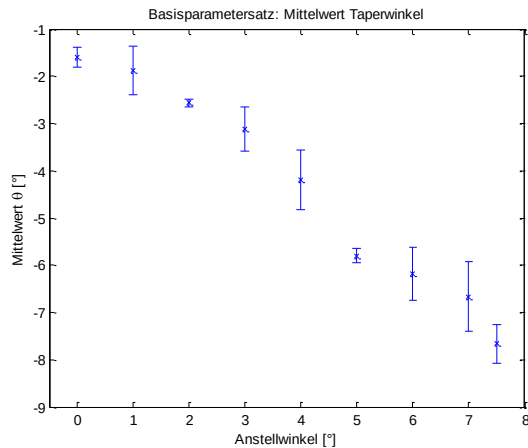


Ergebnisse statische Strahlanstellung

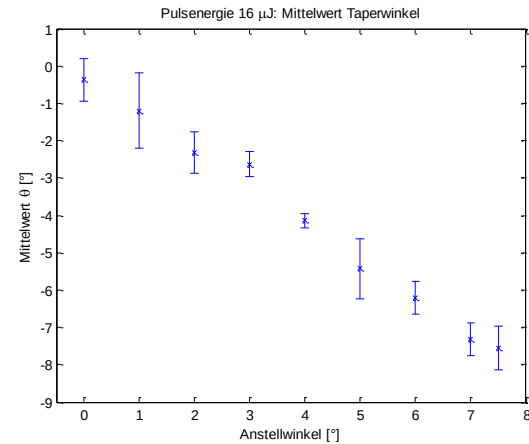


Strahlanstellung vs. Kantenwinkel: linearer Zusammenhang

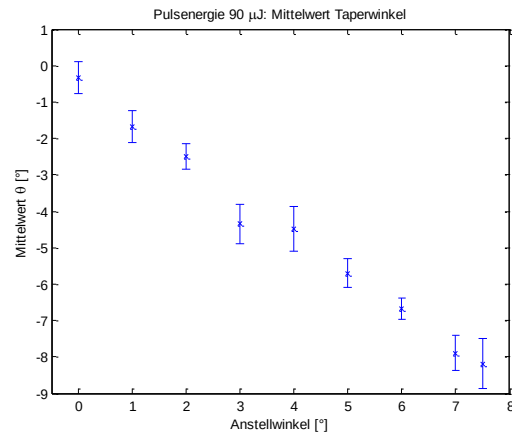
Basisparameter



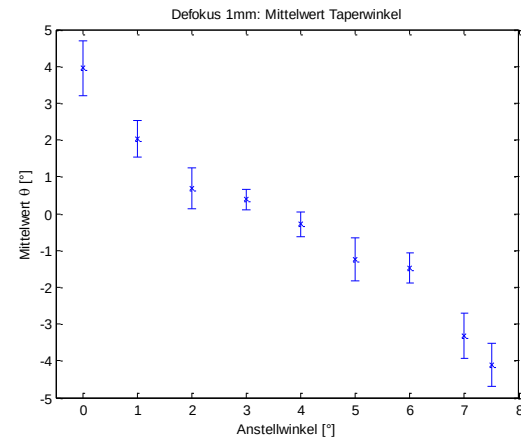
Geringere Pulsenergie



Höhere Pulsenergie

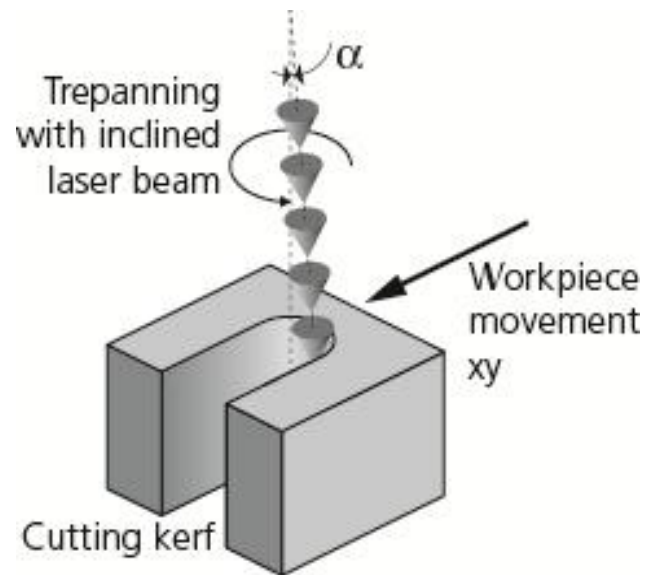


Grosser Defokus



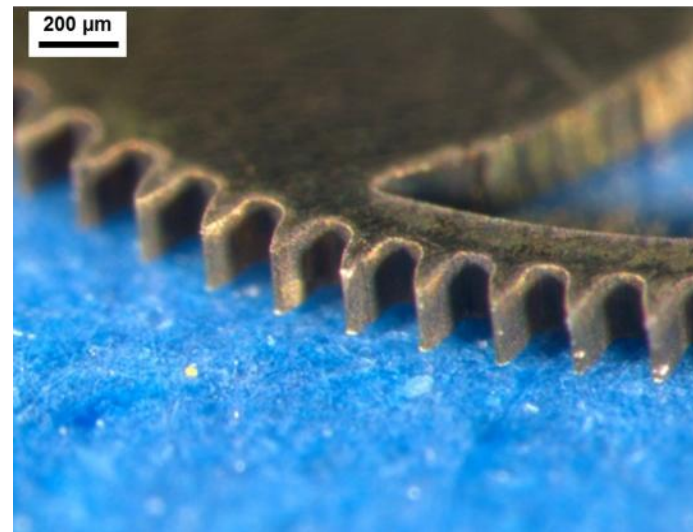
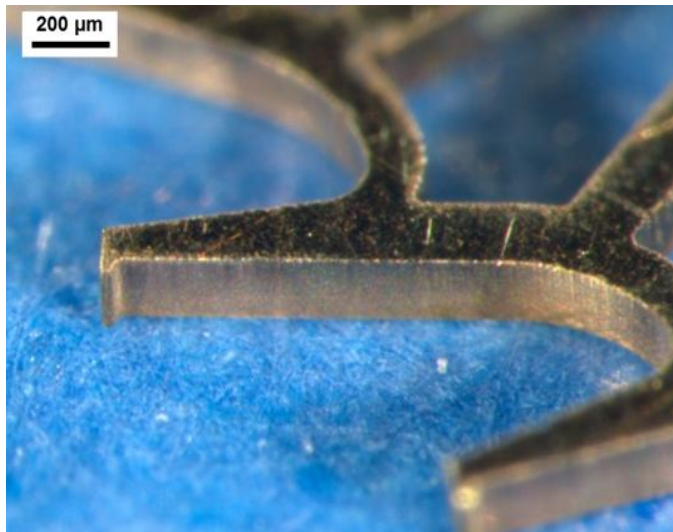
Dynamisches Trepanierschneiden

Kompensierter Taperwinkel in allen Richtungen, aber Trepanierradius



TruMicro 5050 mit precSYS: Trepanierschneiden

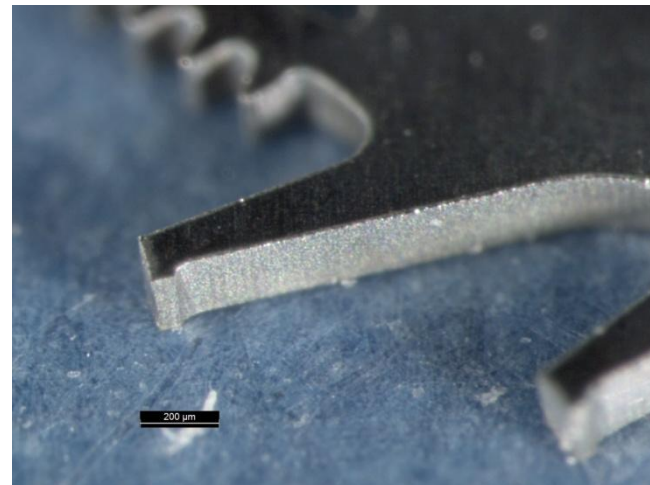
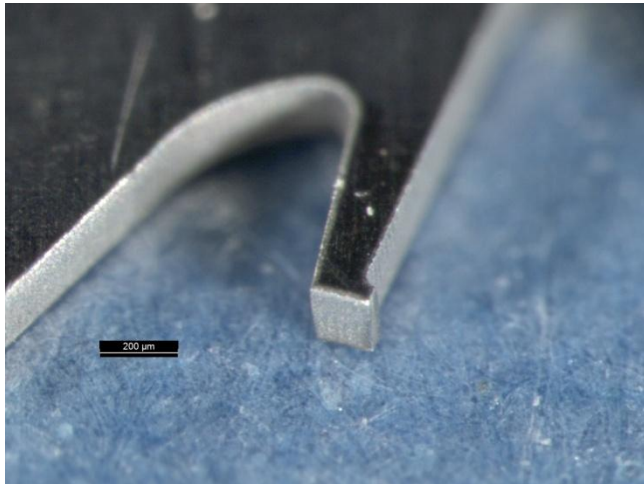
Vollständig kompensierter Taperwinkel, Trepanierradius ca. 70 μm



Messing 0.2 mm, ca. 10 min pro Teil, Potential für kürzere Schneidezeit vorhanden

Beispiel einer “Low-Cost” Trepanieroptik

Stahl 0.2 mm; Trepanierradius etwas zu gross



Outline

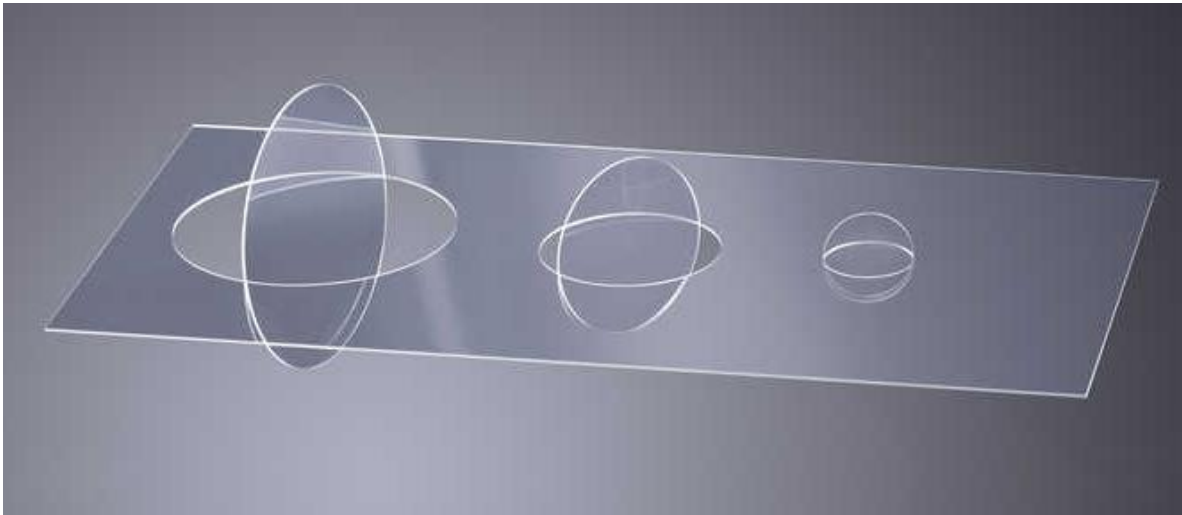
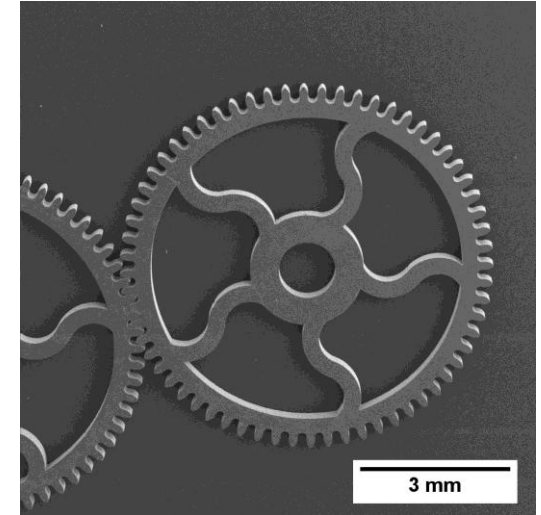


- 1) Motivation
- 2) Taperwinkelkorrektur mit TruMicro Laser und precSYS Optik
- 3) Alternativer Prozess für transparente Materialien**

Schneiden transparenter Materialien

TOP Cleave Optik

- Material-Modifikation durch geformte UKP Strahlen
- Separation entlang der Modifikation durch:
 - Eigenspannung (chemisch gehärtetes Glas)
 - Thermische Spannung
 - Mechanische Spannung
 - Chemisches Ätzen



Zusammenfassung und Ausblick

- Trepanieroptiken ermöglichen senkrechte Kanten auch **für komplexe Kontouren**
- Trepanierradius, Schneidezeit und Preis könnten die Markteinführung **für industrielle Schneideapplikationen** erschweren
- TOP Cleave Optik ermöglicht senkrechte Kanten in transparenten Materialien
- Statische Strahlanstellung mit Trepanieroptik und/oder durch Achsenkinematik / Kipptisch ?



Danksagung

- Team TRUMPF LAC Baar:
 - Adrian Ruckli, Tobias Gschwilm, Jan Sykora, Roman Engeli, Gabriela Fisch
- Team Scanlab
 - Patricia Hammes-Weber, Stephanie Eisenbach, D. Diego-Valejo, H. Schlüter

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Fragen ???

