

# Industrielle Mikrobearbeitung

A. Pauli (GFH)

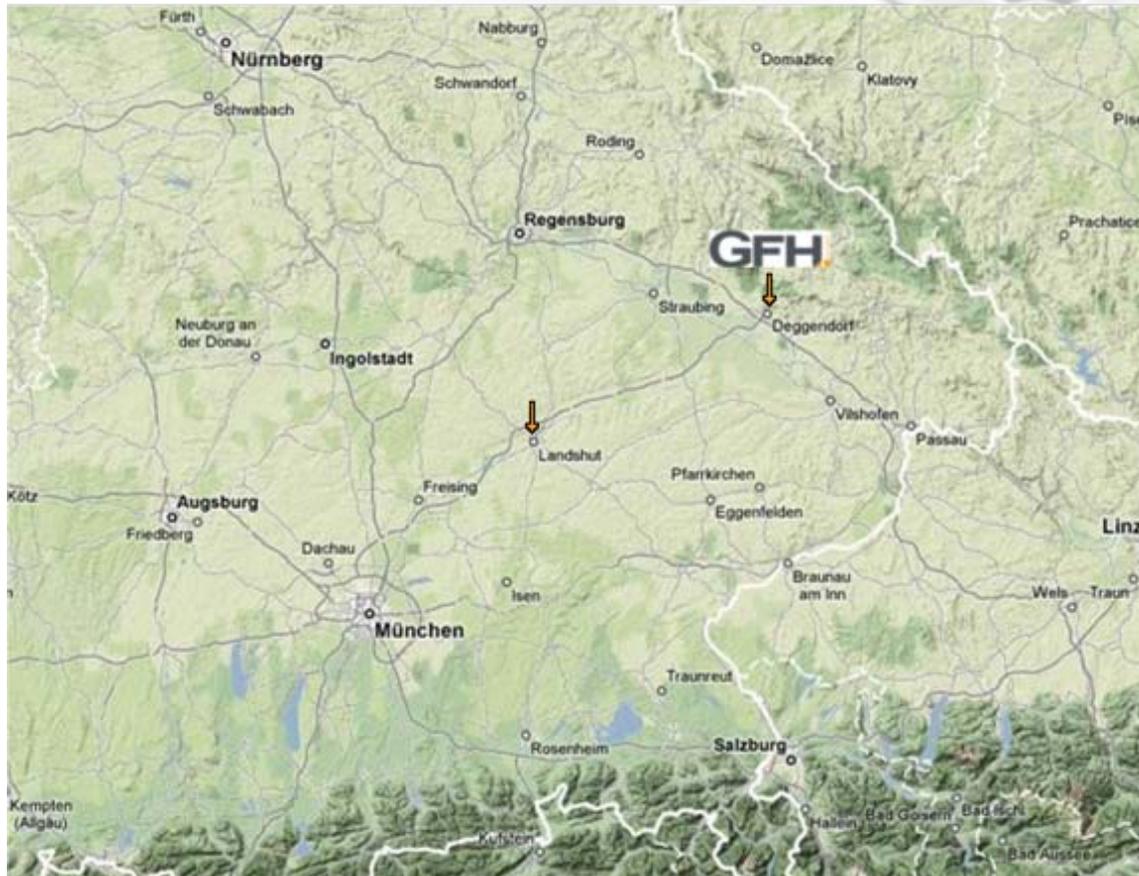
mehr Qualität durch höchste Präzision

- 1. Kurzes Firmenportrait**
- 2. Beispiele der Mikrobearbeitung**
- 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern**
- 4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel**
- 5. Zusammenfassung und Ausblick**

## 1. Kurzes Firmenportrait

# Standort

Deggendorf - Bayerischer Wald - Deutschland



- 31400 Einwohner
- Fachhochschulstadt
- Regierungsbezirk Niederbayern

- 73 km nach Landshut
- 576 km nach Berlin
- 56 km nach Tschechien

- Tor zum Bayerischen Wald
- in der Donauebene
- 314 Meter über NN

## 1. Kurzes Firmenportrait

# Geschäftsbereiche der GFH GmbH

### Maschinenbau

- Mikrobearbeitungsmaschinen
- Sonderlösungen



- Fertigungstechnik
- Automatisierungstechnik
- Reaktor- und Apparatebau
- Einspritztechnik
- Luft- und Raumfahrttechnik

### Präzisionsfertigung



- Einspritztechnik
- Medizintechnik
- Formen- und Werkzeugbau
- Mikrosystemtechnik

### Prozess- und Produktentwicklung



- Maschinenbau
- Automatisierungstechnik
- Einspritztechnik

## 1. Kurzes Firmenportrait

# GL.3/5 Lasermikrobearbeitungsanlage

## Highlights

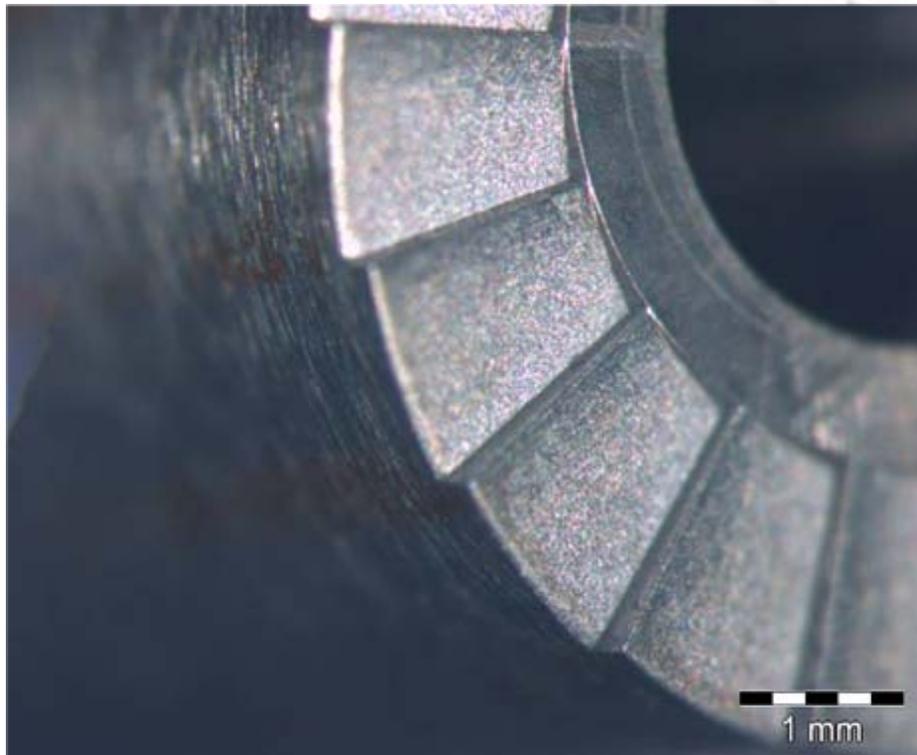
- 3-achsige Grundmaschine
- Maschinengehäuse der Laserklasse 1
- Strahlquelle wird von der Kundenapplikation bestimmt
  - Nanosekundenlaser
  - Pikosekundenlaser
- Bedienung sämtlicher Hardwarekomponenten über eine einzige Software
- Höchste Präzision und Dynamik
  - wassergekühlte eisenbehaftete Linearmotoren
  - luftgelagerte X- und Y-Achsen
- Dreh-Schwenk-Einheit für die 3D-Bearbeitung
- Strahlengang und Prozessoptiken nach Kundenanforderung
  - wassergekühlte Präzisions-Galvoscanner
  - Trepanieroptik
- Auf Prozesszeit optimierte mechanische und elektrische Bauform
- Optische Messsysteme integriert



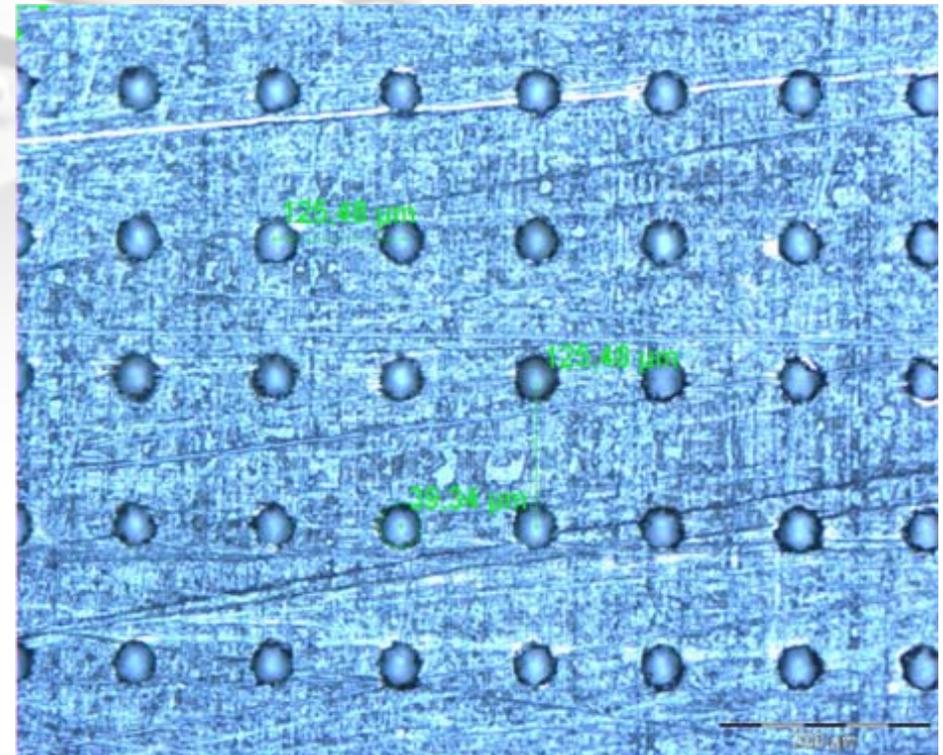
1. Kurzes Firmenportrait
- 2. Beispiele der Mikrobearbeitung**
3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern
4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel
5. Zusammenfassung und Ausblick

## 2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

# Laserabtragen



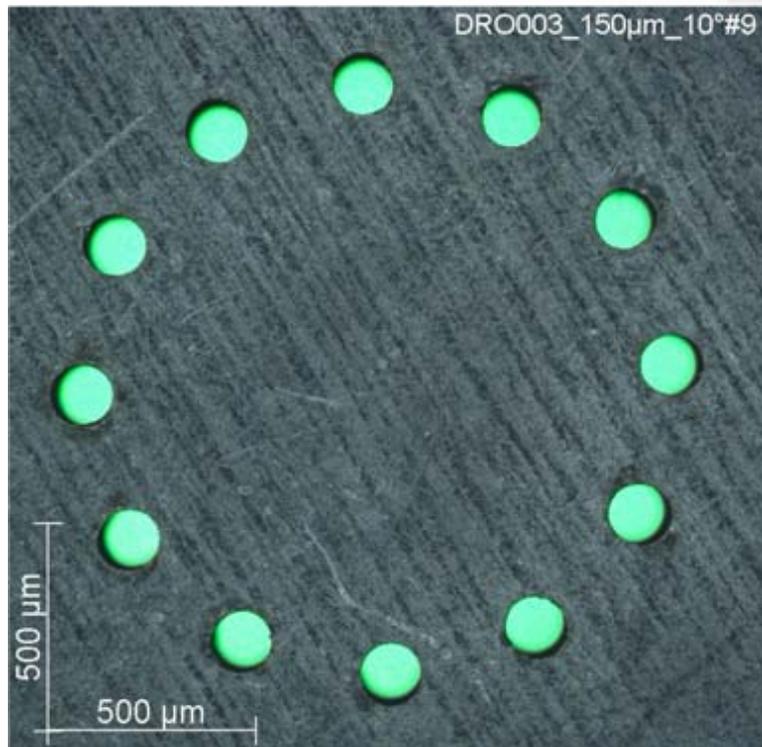
Stirnfläche eines Prägestempels aus Hartmetall



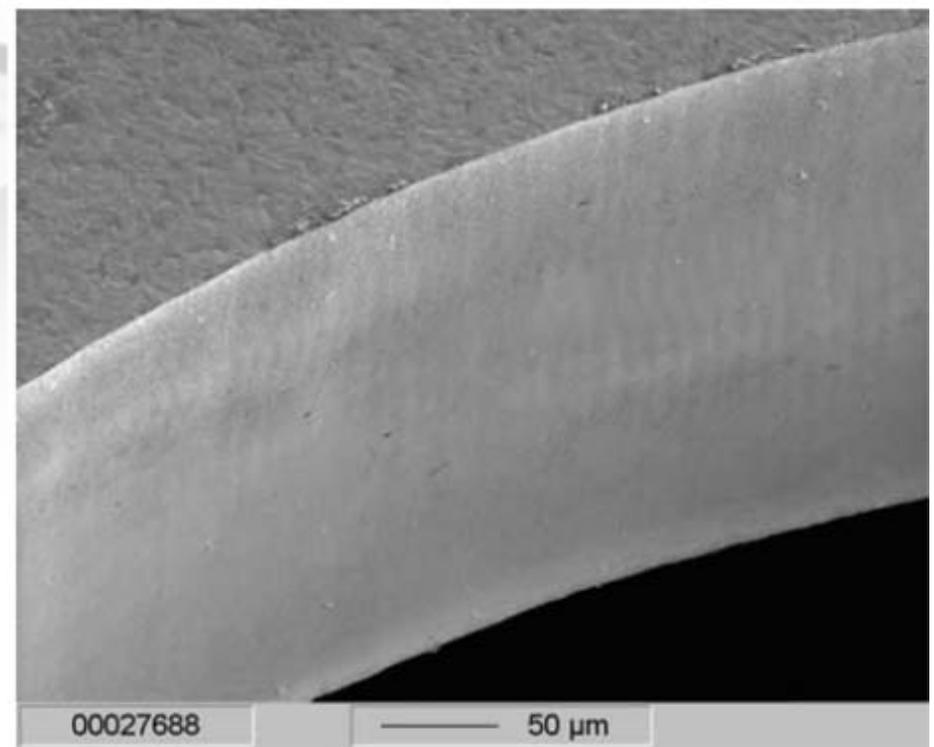
Tribologische Struktur zur Reibungsoptimierung,  
Strukturgröße 30µm

## 2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

# Laserbohren



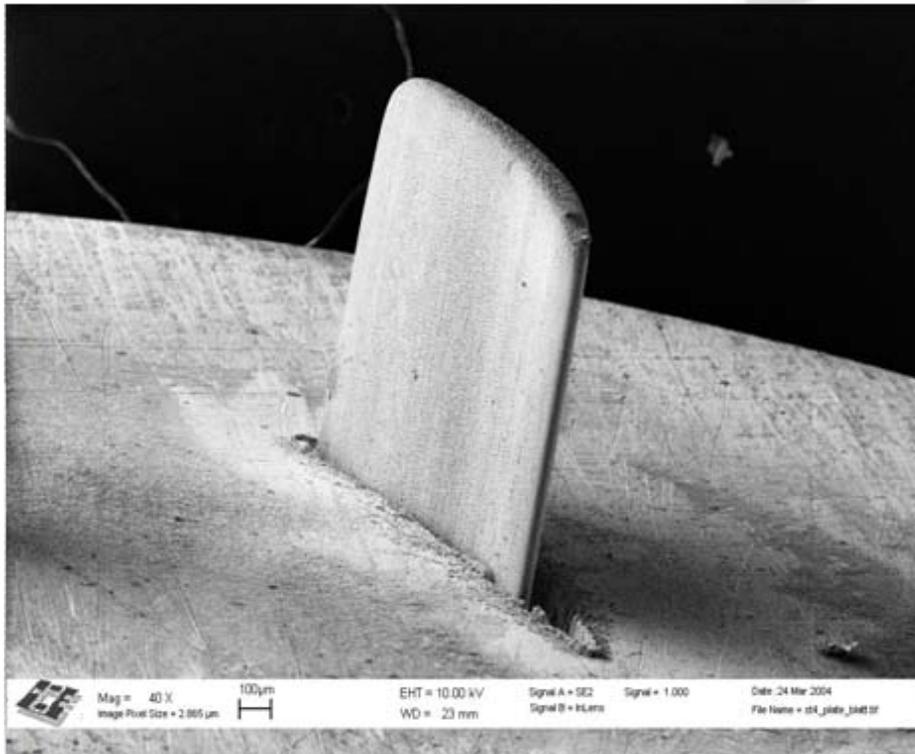
Lasergebohrte Edelstahlplättchen, Dicke 120µm, Lochdurchmesser 150µm



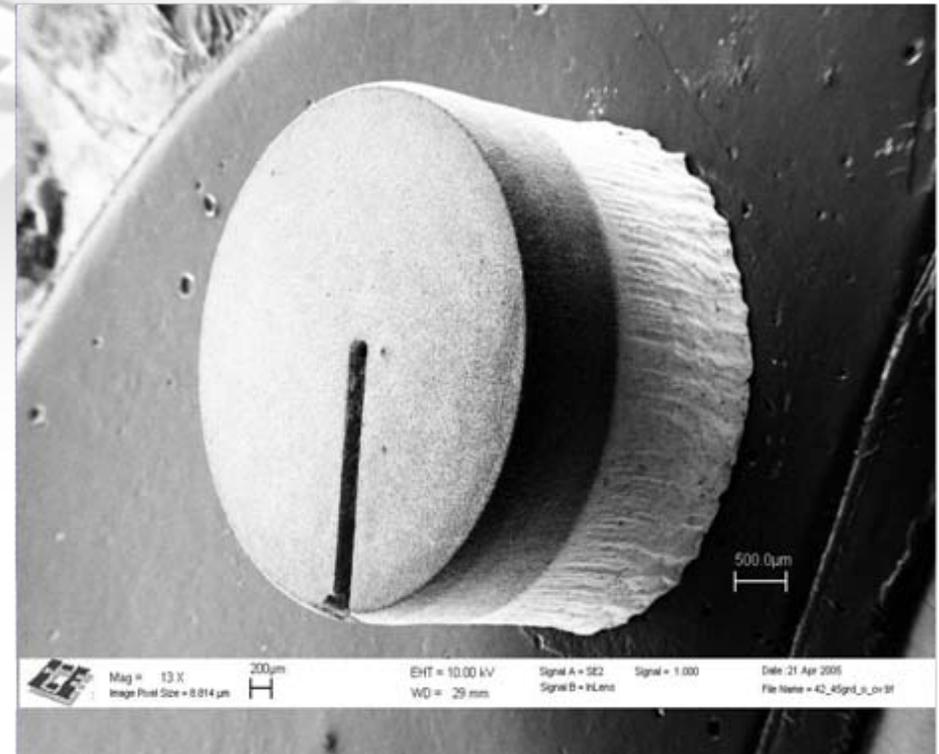
Drosselbohrung Lochdurchmesser 150µm - Edelstahl

## 2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

# Laserschneiden



Mikro-Turbinenschaufel mit lasergeschnittener Elektrode

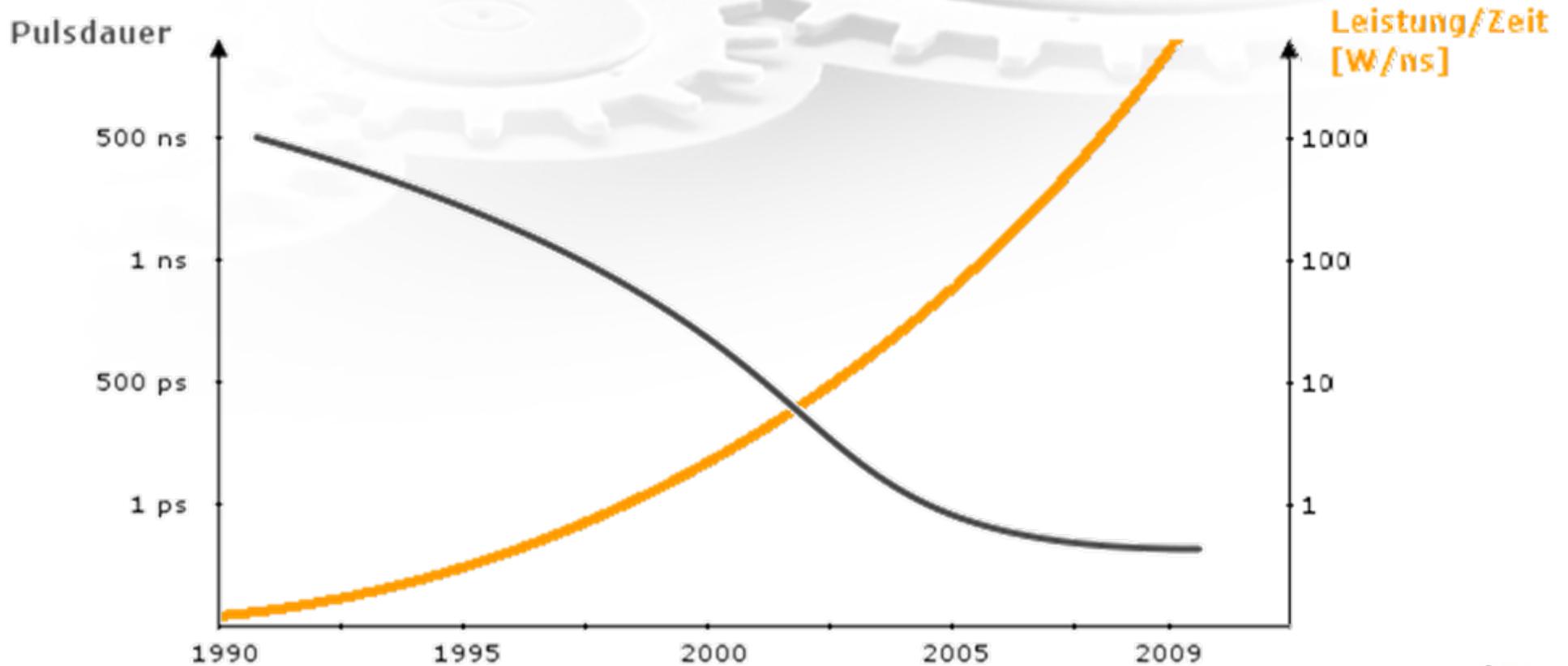


Polykristalliner Diamant

1. Kurzes Firmenportrait
2. Beispiele der Mikrobearbeitung
- 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern**
4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel
5. Zusammenfassung und Ausblick

### 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

# Laserentwicklung in der Mikrobearbeitung



### 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

# Lasersentwicklung in der Mikrobearbeitung

**Thermalisierungszeit ist die Zeit zur Energieübertragung von Elektronengas zum Gitter**

#### ■ im thermischen Gleichgewicht

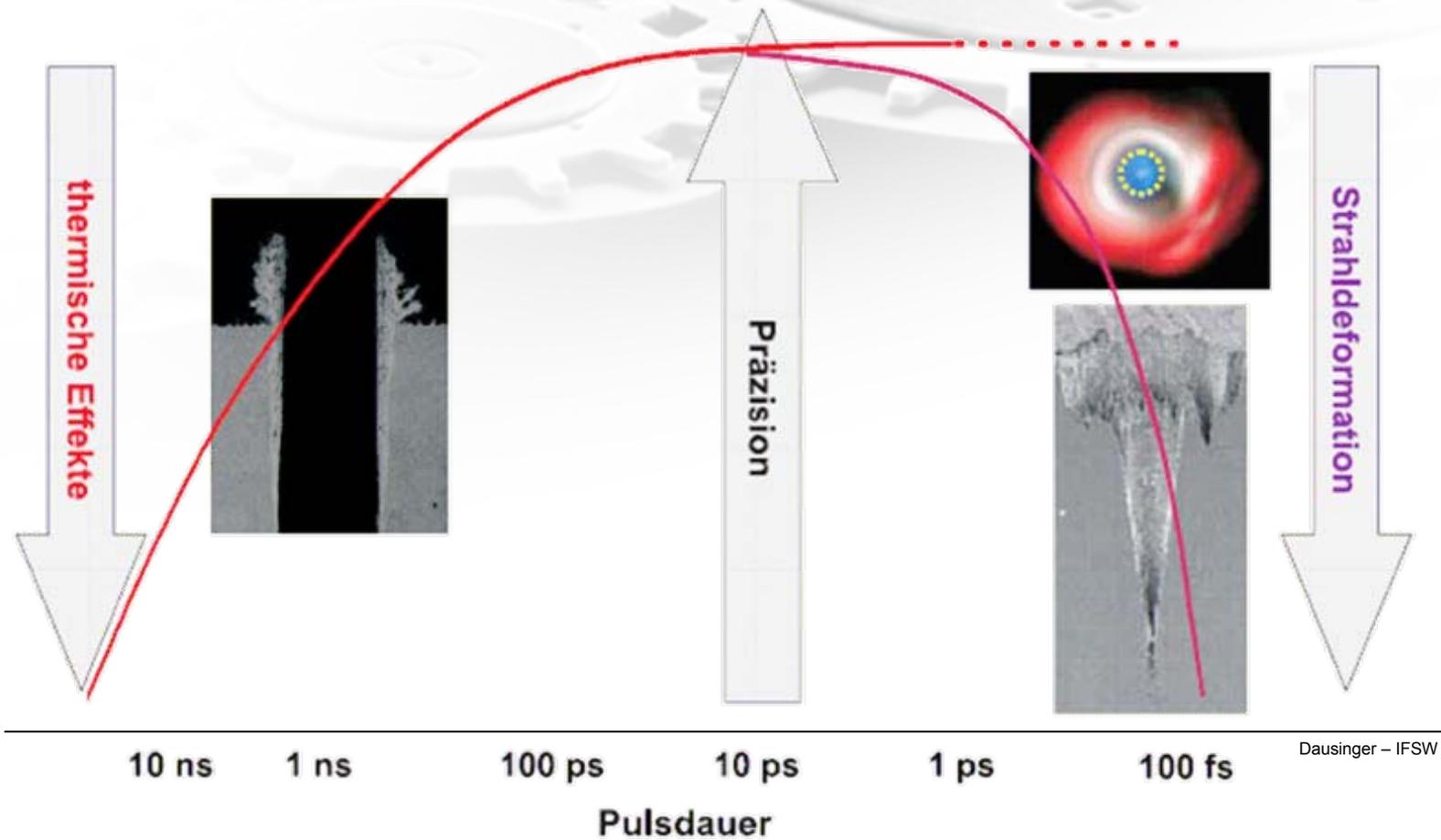
- Pulsdauer  $\gg$  Thermalisierungszeit (ns-Pulse und länger)
- Materialabtrag durch Schmelzen und Verdampfen

#### ■ im thermischen Ungleichgewicht

- Pulsdauer  $\leq$  Thermalisierungszeit (< Pikosekunden)
- Materialabtrag durch Aufbrechen von Atombindungen durch Elektronendruck
- keine Änderung des thermischen Verhaltens bei weiterer Verkürzung der Pulsdauer

3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

# Einfluss der Pulsdauer auf die Bearbeitungsqualität



Dausinger – IFSW

## 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

# Piko- oder Femtosekundenlaser?

### Pikosekundenlaser

- Pulsdauer: 10 – 20 ps
- Frequenz: 1000 kHz
- Pulsenergie: 0,25 mJ
- mittlere Leistung: > 50 W
- Pulsspitzenleistung: 20 MW

- Industrietauglich
- Hohe Verluste bei Frequenzkonversion
- Hoher Durchsatz durch hohe Frequenz

### Femtosekundenlaser

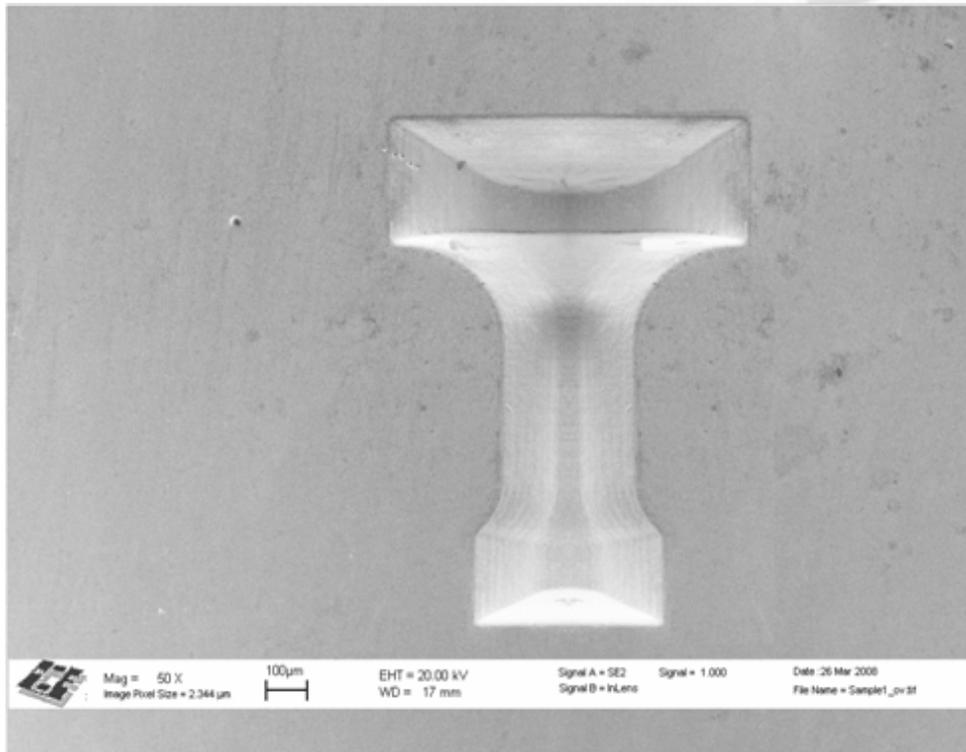
- Pulsdauer: 100 – 200 fs
- Frequenz: 5 kHz
- Pulsenergie: 1 mJ
- mittlere Leistung: 5 W
- Pulsspitzenleistung: 10 GW

- Materialunabhängig
- Temperaturempfindliche Materialien
- Vorteil der höheren Pulsspitzenleistung (Faktor 500!)

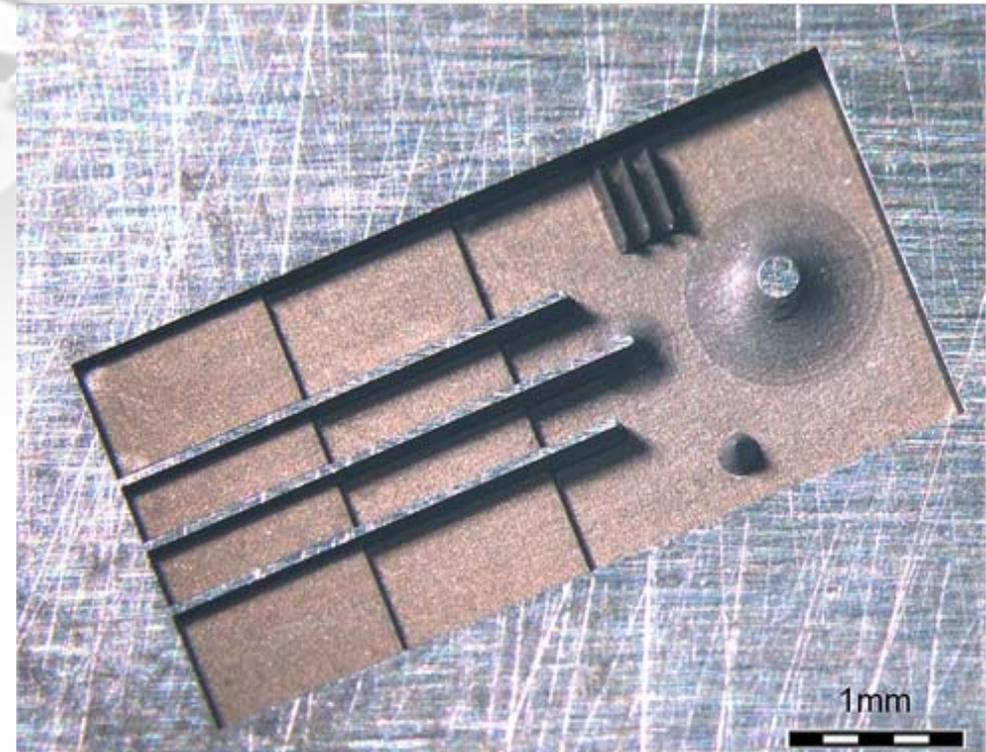
**→ Applikation entscheidet die Wahl der Strahlquelle!**

### 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

## Beispiel - Pikosekundenlaser



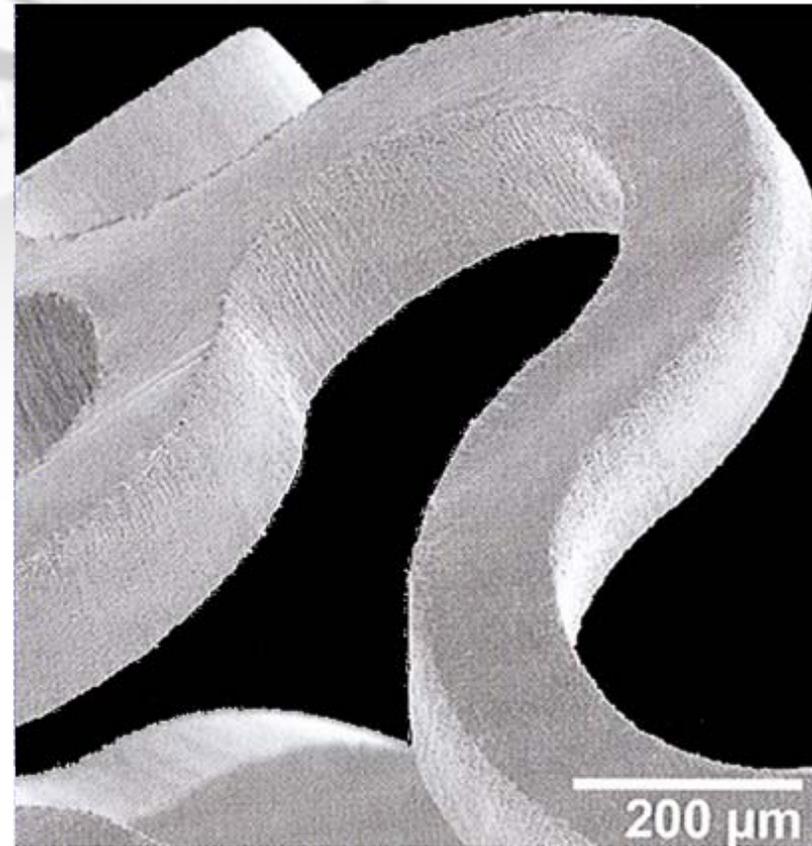
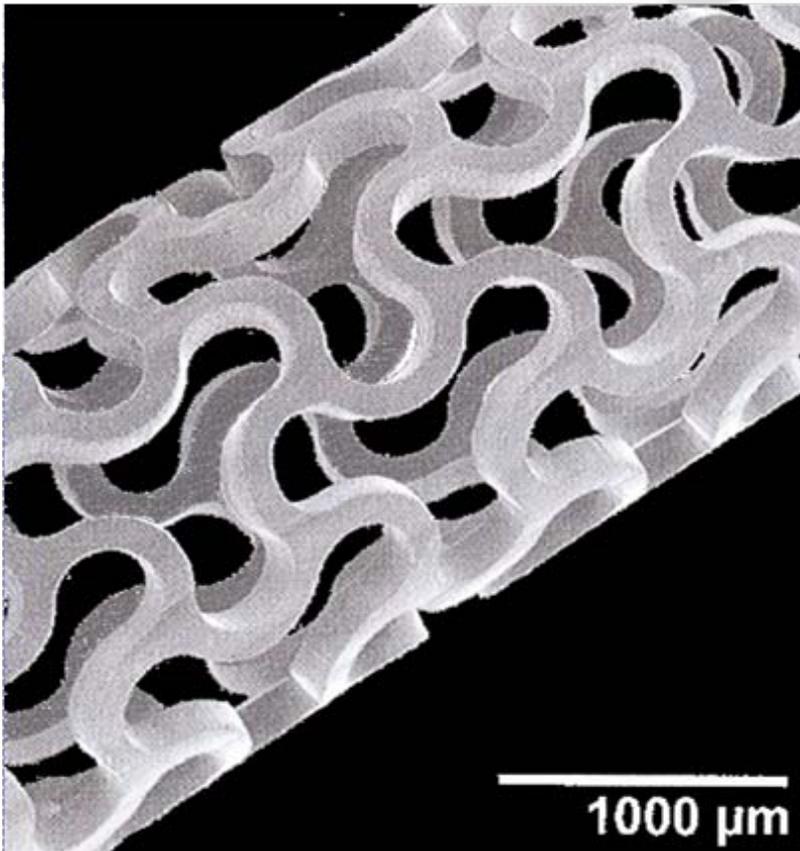
Mikroformeinsatz,  $500 \times 700 \mu\text{m}^2$ ,  $500 \mu\text{m}$  tief, hergestellt mit Pikosekundenlaser in Hartmetall



Referenzgeometrie,  $4 \times 2.5 \text{ mm}$ ,  $400 \mu\text{m}$  tief, hergestellt mit Pikosekundenlaser in Werkzeugstahl

## 3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

# Beispiel - Femtosekundenlaser

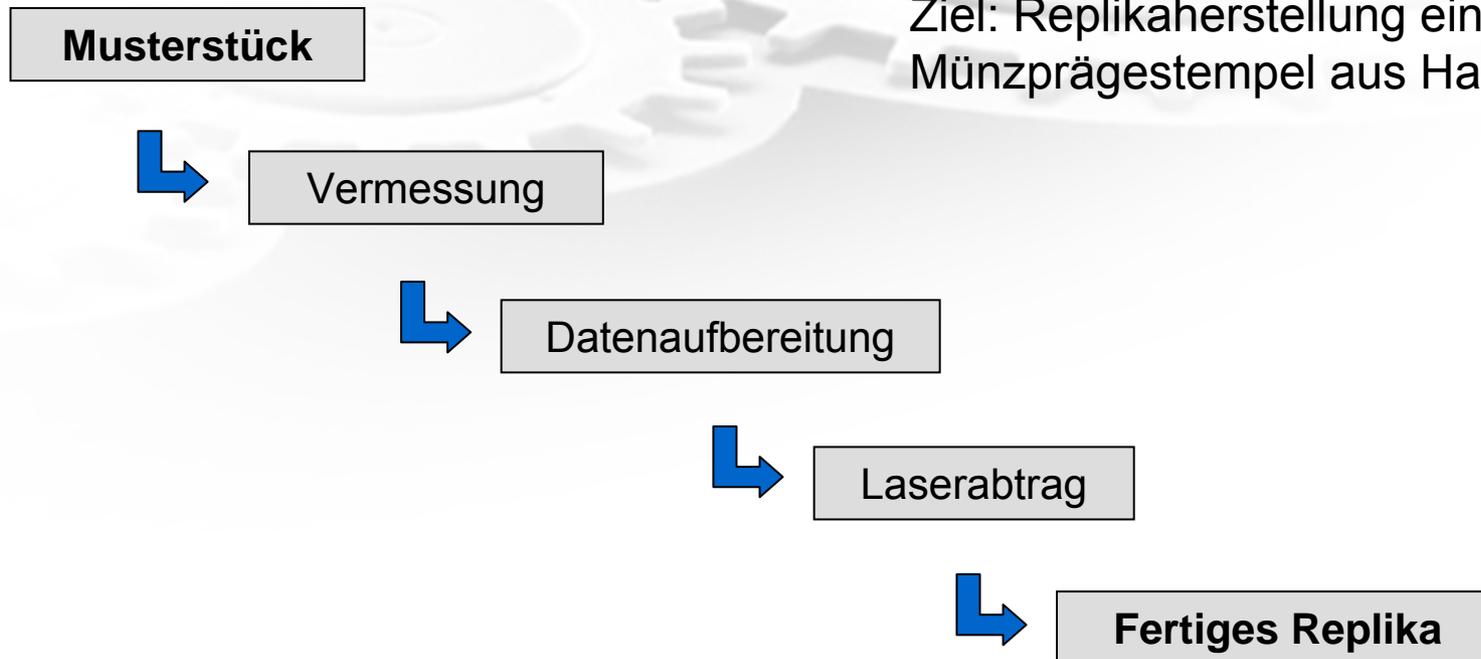


Temperaturempfindlicher Polymer-Biostent, hergestellt mit Femtosekundenlaser [Quelle: mikroproduktion 03/09]

1. Kurzes Firmenportrait
2. Beispiele in der Mikrobearbeitung
3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern
- 4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel**
5. Zusammenfassung und Ausblick

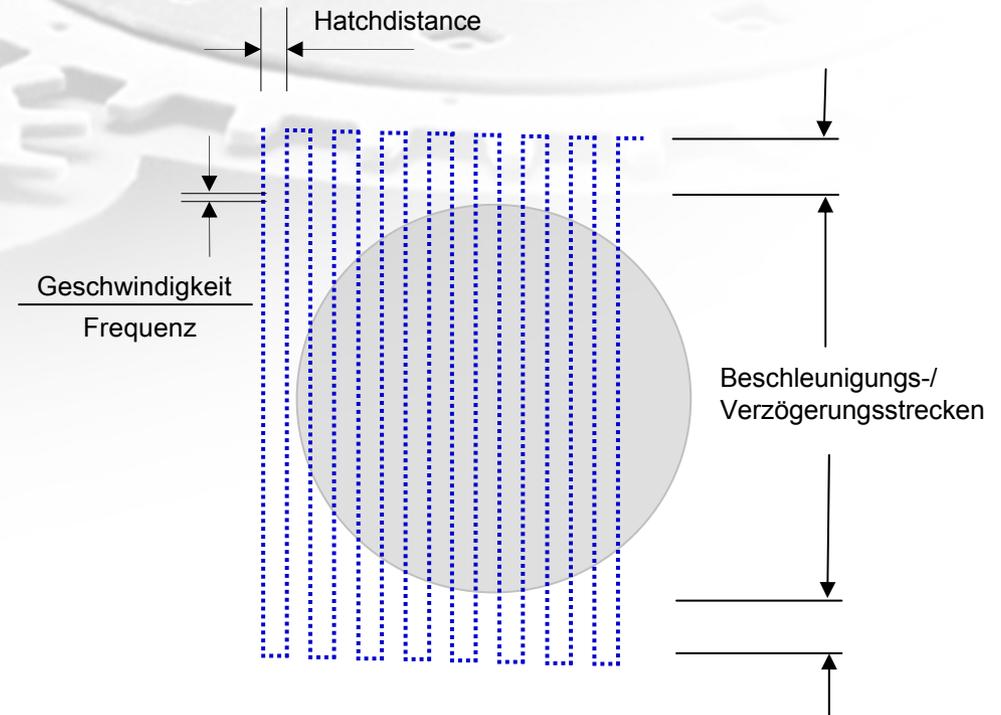
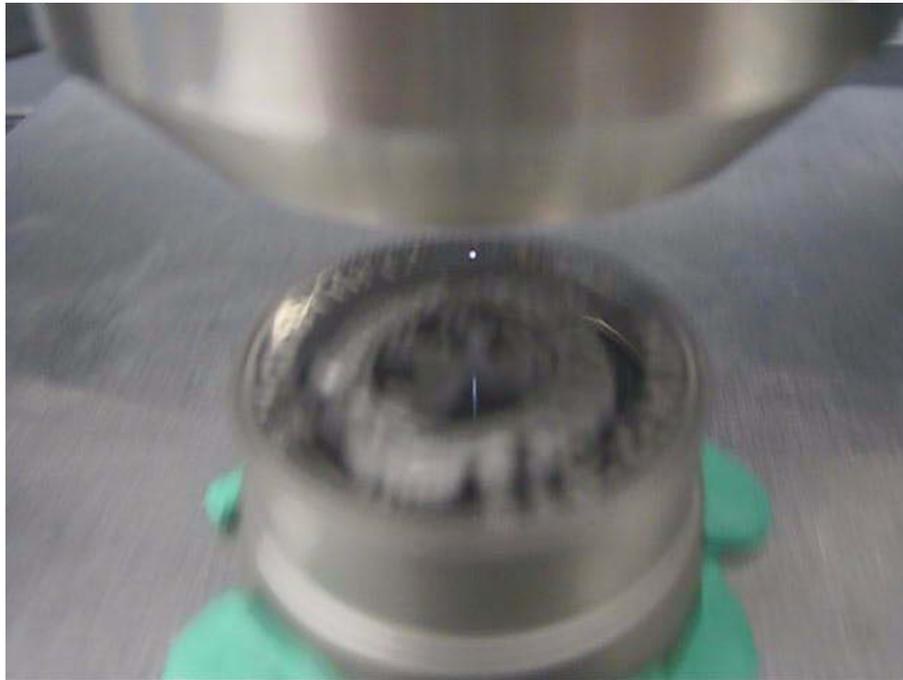
## 5. Case Study 3D-Prägestempel

# Vorgehensweise



5. Case Study 3D-Prägestempel

# Topographiemessung



Video abspielen [ klick auf das Bild ]

Auflösung lateral  $4 \times 4 \mu\text{m}$ , Auflösung axial  $0,035 \mu\text{m}$ , Aufnahmezeit 1h

## 5. Case Study 3D-Prägestempel

# Datenaufbereitung



Punktwolke



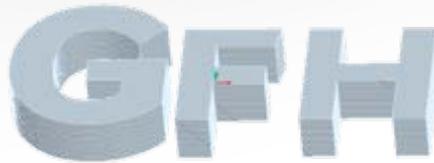
triangulierte Fläche



geschlossenes 3D Modell



STL Datei



sliced STL



Abtrag

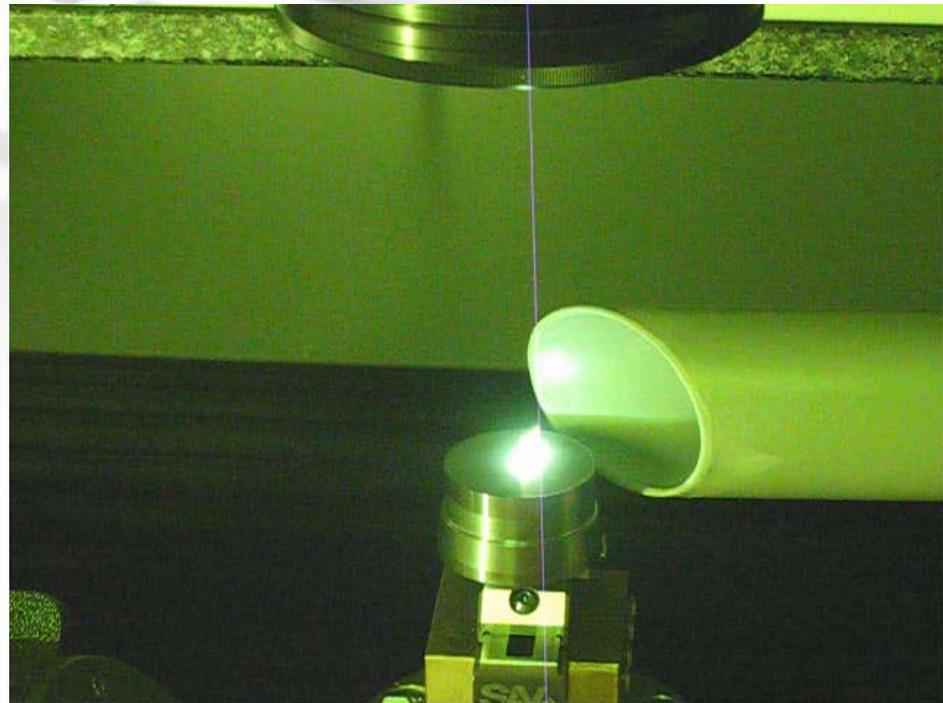


- Triangulationszeit: < 1min

## 5. Case Study 3D-Prägestempel

# Laserabtrag

- Bearbeitungszeit schrumpfen  
4 Stunden
- Bearbeitungszeit schlichten  
3 Stunden



[Video abspielen \[ klick auf das Bild \]](#)

## 5. Case Study 3D-Prägestempel

# Ergebnisse

Urmodell



Laserabtrag



Urmodell 6,3-fache Vergrößerung



Laserabtrag 6,3-fache Vergrößerung

1. Kurzes Firmenportrait
2. Beispiele in der Mikrobearbeitung
3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern
4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel
- 5. Zusammenfassung und Ausblick**

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

- Industrietaugliche Ultrakurzpulslaser sind am Markt verfügbar
- Die Anwendung bestimmt die Pulsdauer des Lasers
- Lasermikrobearbeitung mit Werkzeugmaschinen der neuesten Generation sind Verfahrenskonkurrenten zu konventionellen Bearbeitungen
- Entwicklung neuer Strahlquellen
  - Mit höherer Leistung (>100W mit 5-10ps, 10W mit 200fs)
  - Höherer Frequenz (Piko bis 3MHz, femto bis 20 kHz)
  - Flexiblerer Ansteuerung (Geschwindigkeitsabhängige Pulserzeugung)

## Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



### Kontakt:

Anton Pauli, GFH GmbH, Großwalding 5, 94469 Deggendorf  
Tel.: +49991 290 92-0 Email: [info@gfh-gmbh.de](mailto:info@gfh-gmbh.de)