

Industrielle Mikrobearbeitung

A. Pauli (GFH)

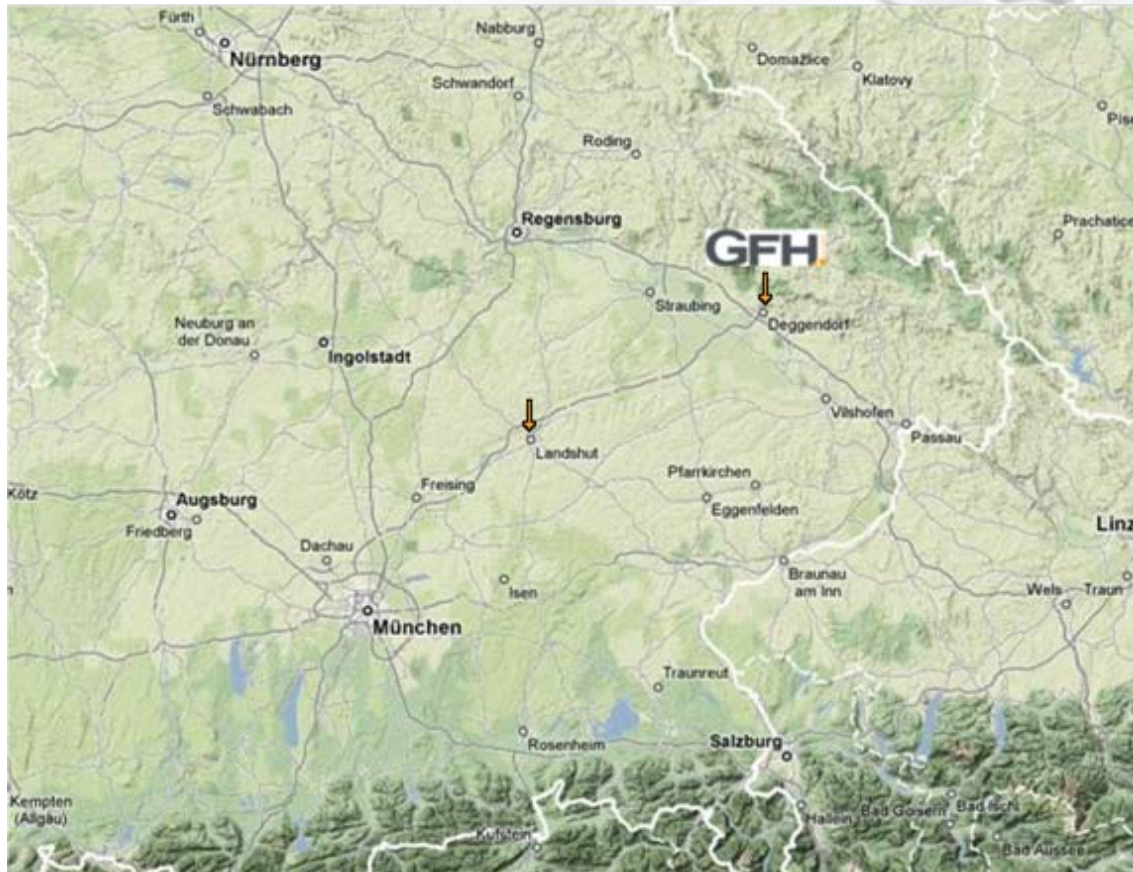
mehr Qualität durch höchste Präzision

- 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



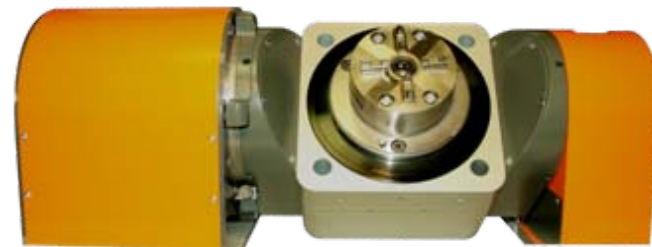
- Maschinenbau
- Automatisierungstechnik
- Einspritztechnik

1. Kurzes Firmenportrait

GL.3/5 Lasermikrobearbeitungsanlage

Highlights

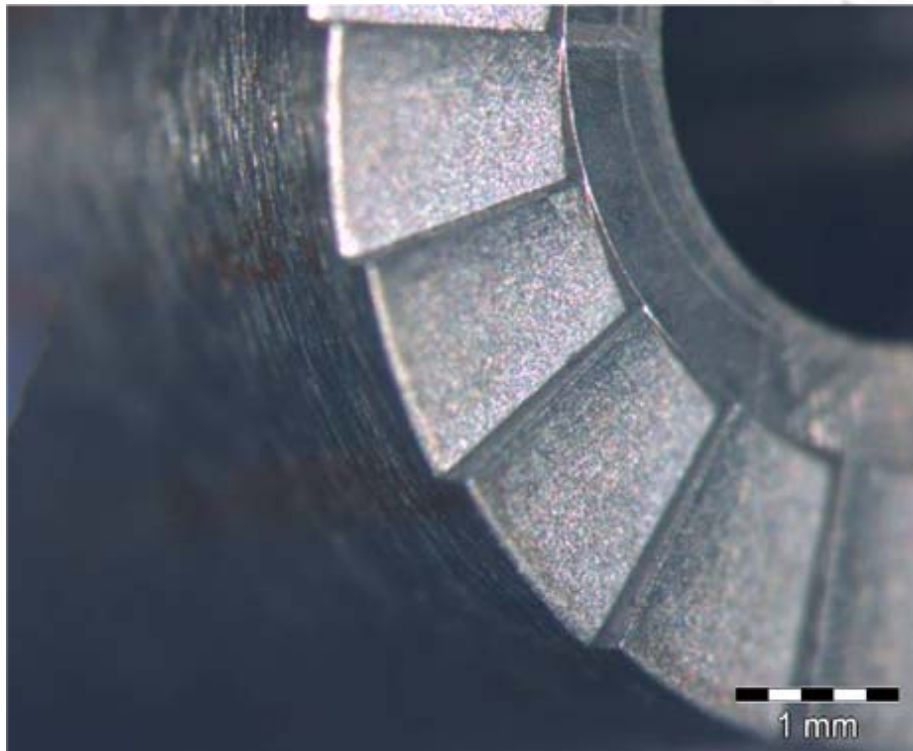
- 3-achsige Grundmaschine
- Maschinengehäuse der Laserklasse 1
- Strahlquelle wird von der Kundenapplikation bestimmt
 - Nanosekundenlaser
 - Pikosekundenlaser
- Bedienung sämtlicher Hardwarekomponenten über eine einzige Software
- Höchste Präzision und Dynamik
 - wassergekühlte eisenbehaftete Linearmotoren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



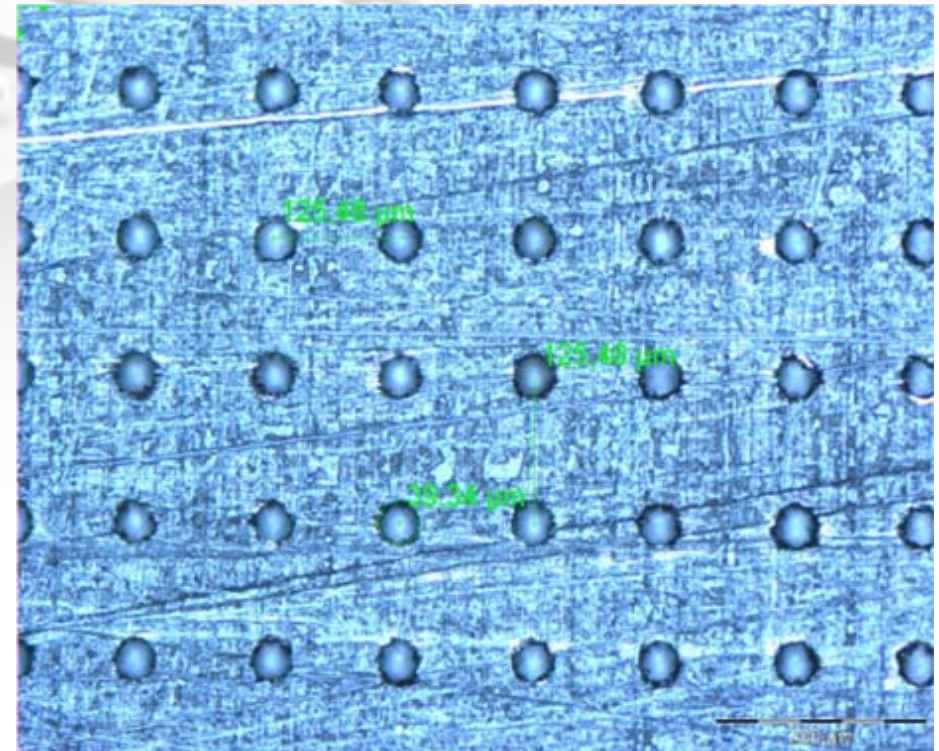
1. Kurzes Firmenportrait
- 2. Beispiele der Mikrobearbeitung**
3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern
4. Fallstudie 3D-Bearbeitung Prägestempel
5. Zusammenfassung und Ausblick

2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

Laserabtragen



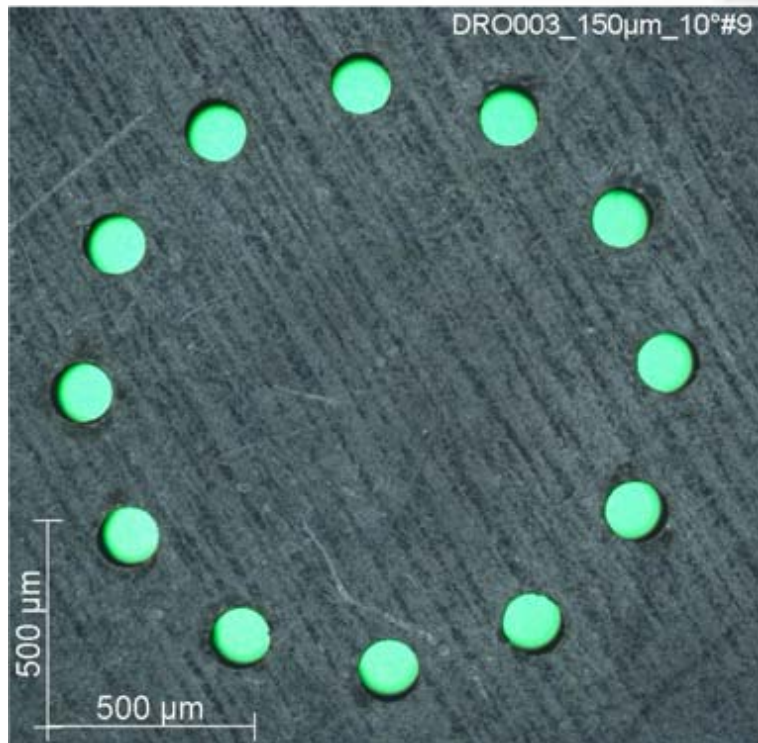
Stirnfläche eines Prägestempels aus Hartmetall



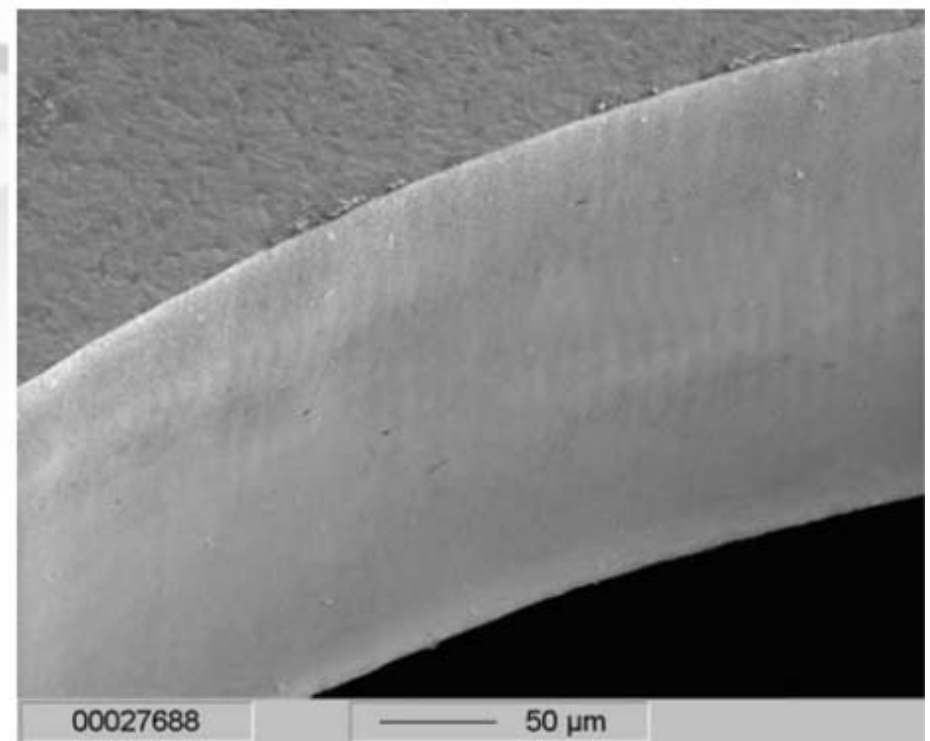
Tribologische Struktur zur Reibungsoptimierung,
Strukturgröße 30µm

2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

Laserbohren



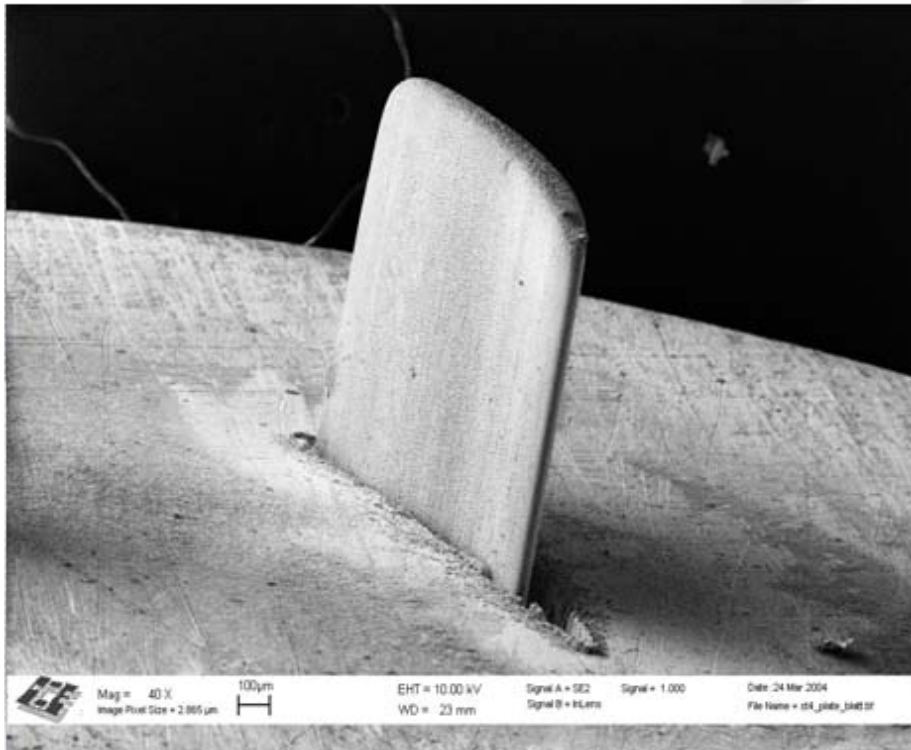
Lasergebohrte Edelstahlplättchen, Dicke 120µm, Lochdurchmesser 150µm



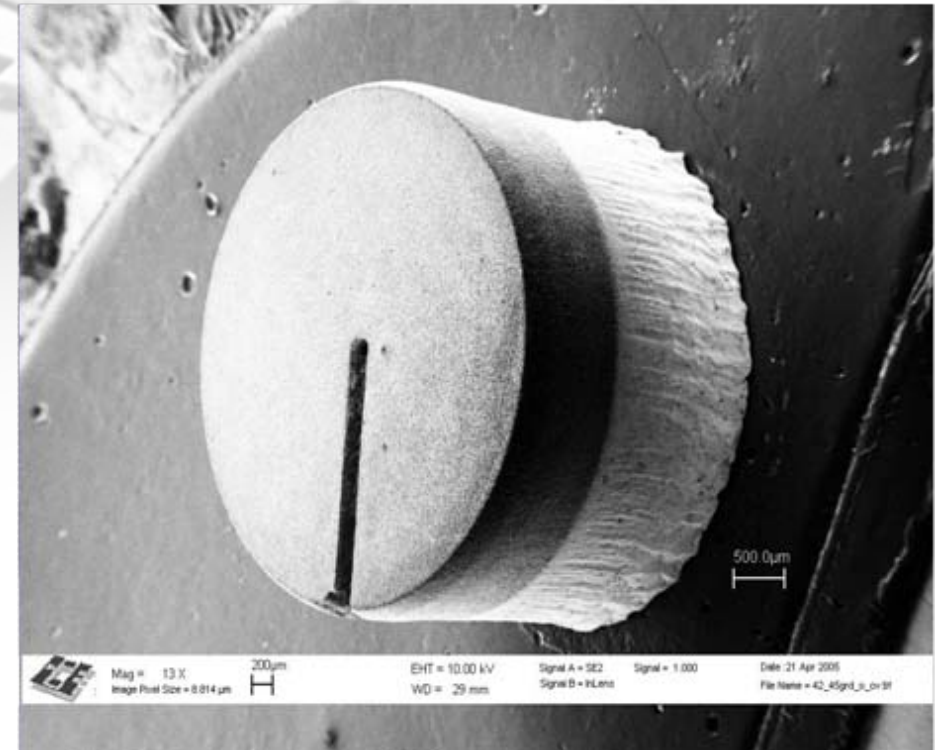
Drosselbohrung Lochdurchmesser 150µm - Edelstahl

2. Lasereinsatz in der Mikrobearbeitung

Laserschneiden



Mikro-Turbinenschaufel mit lasergeschnittener Elektrode

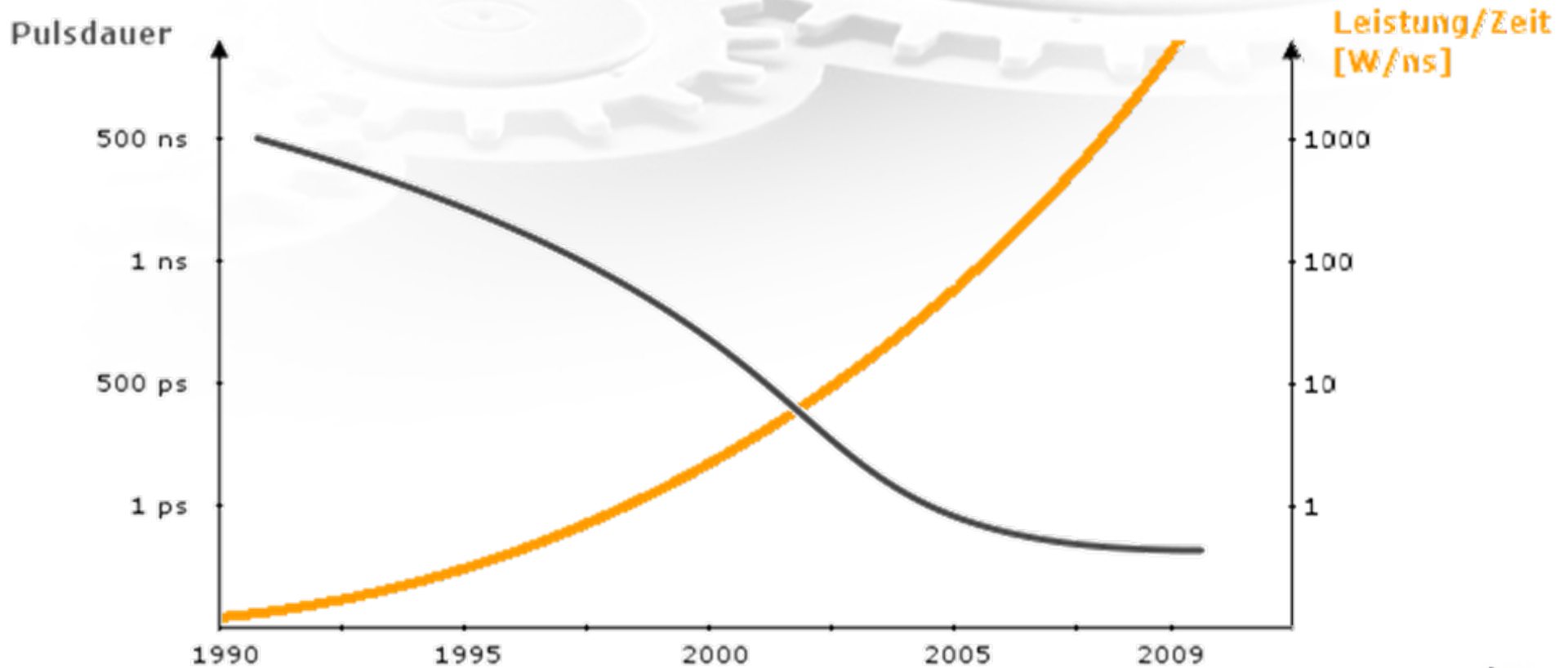


Polykristalliner Diamant

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

3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

Lasorentwicklung in der Mikrobearbeitung



3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

Lasereentwicklung in der Mikrobearbeitung

Thermalisierungszeit ist die Zeit zur Energieübertragung von Elektronengas zum Gitter

■ im thermischen Gleichgewicht

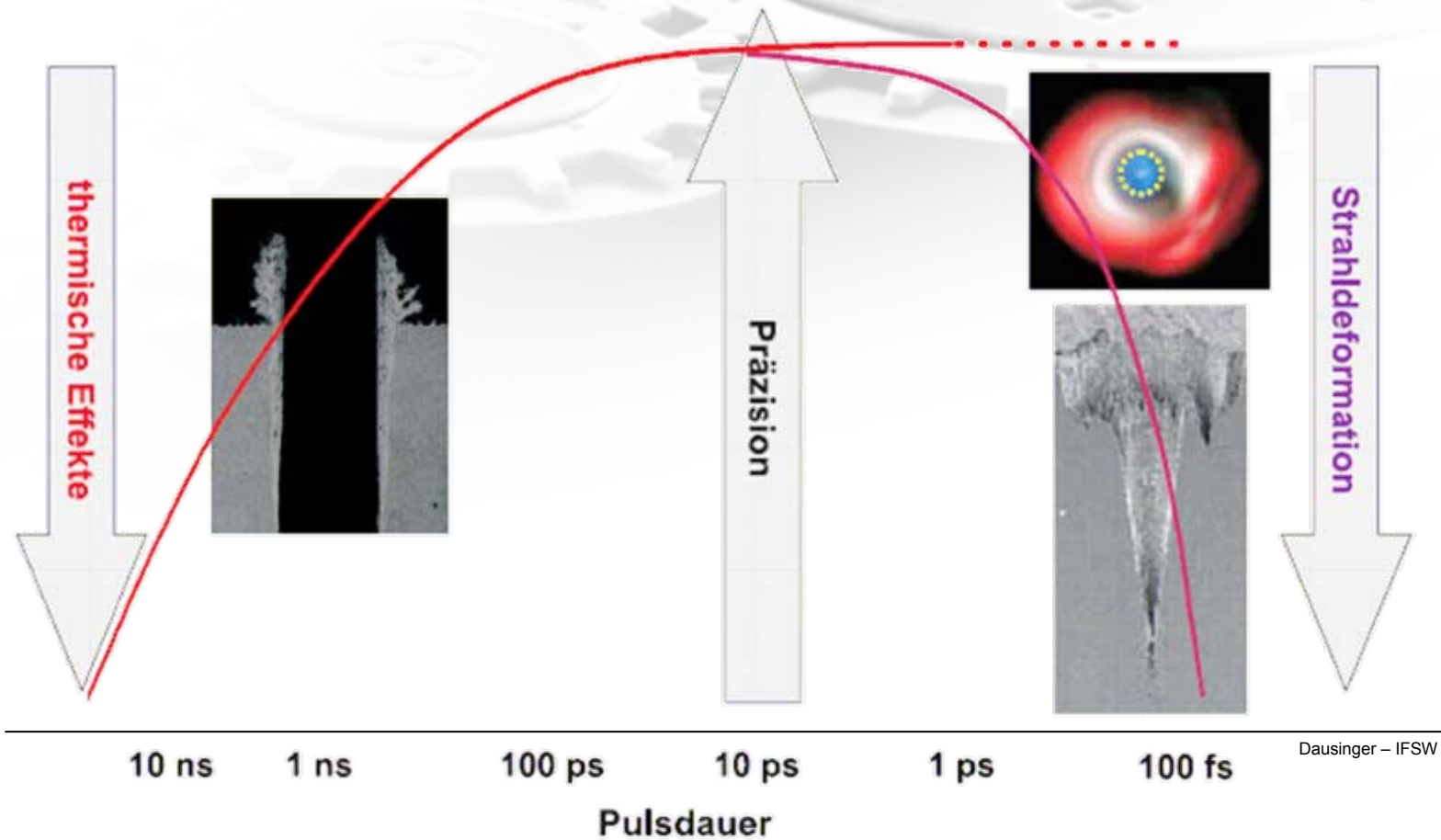
- Pulsdauer \gg Thermalisierungszeit (ns-Pulse und länger)
- Materialabtrag durch Schmelzen und Verdampfen

■ 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

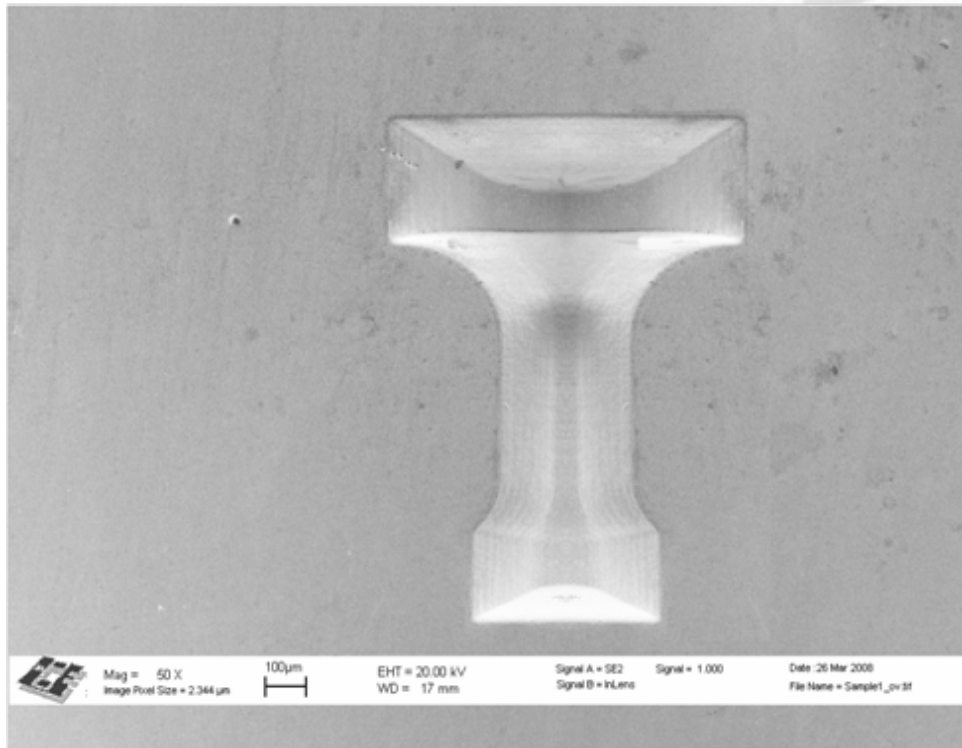
- Pulsdauer: 100 – 200 fs
- Frequenz: 5 kHz
- Pulsenergie: 1 mJ
- mittlere Leistung: 5 W
- Pulsspitzenleistung: 10 GW

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

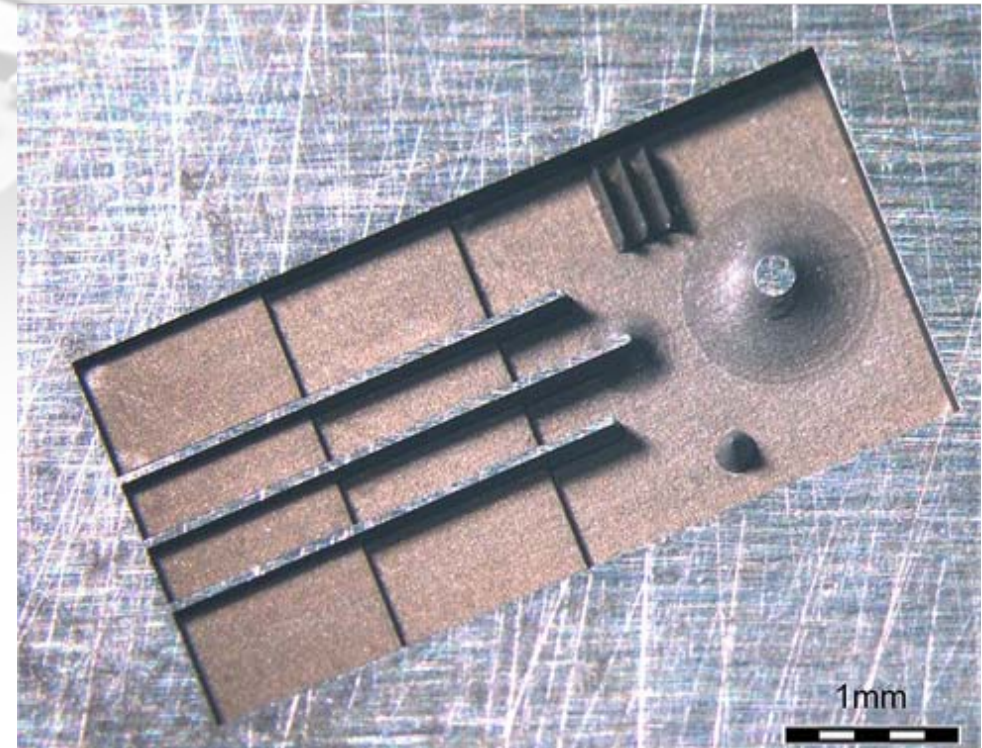
→ Applikation entscheidet die Wahl der Strahlquelle!

3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

Beispiel - Pikosekundenlaser



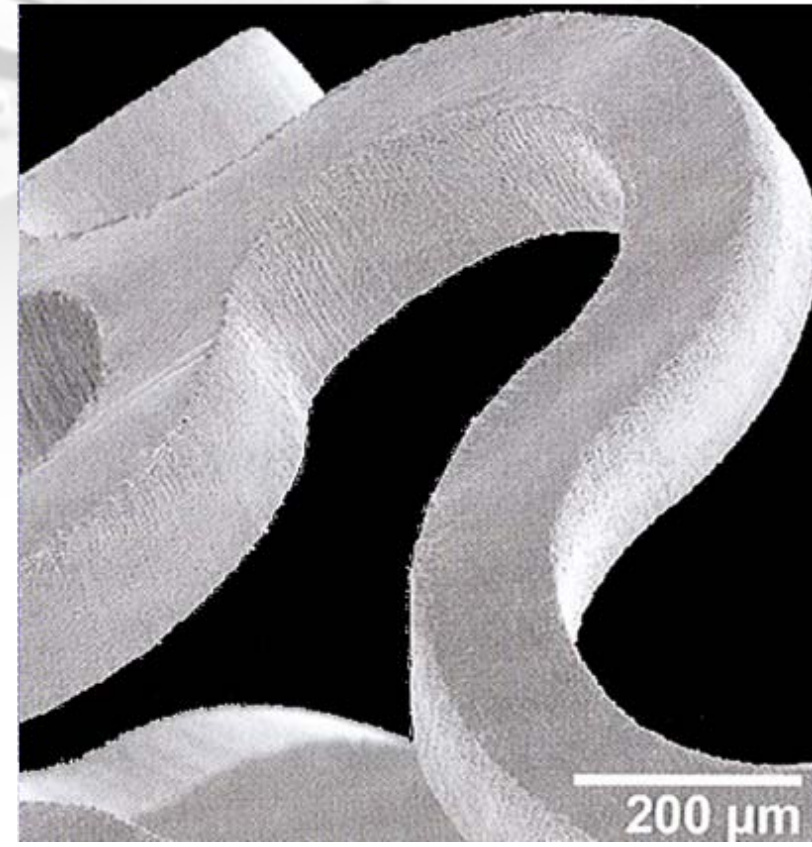
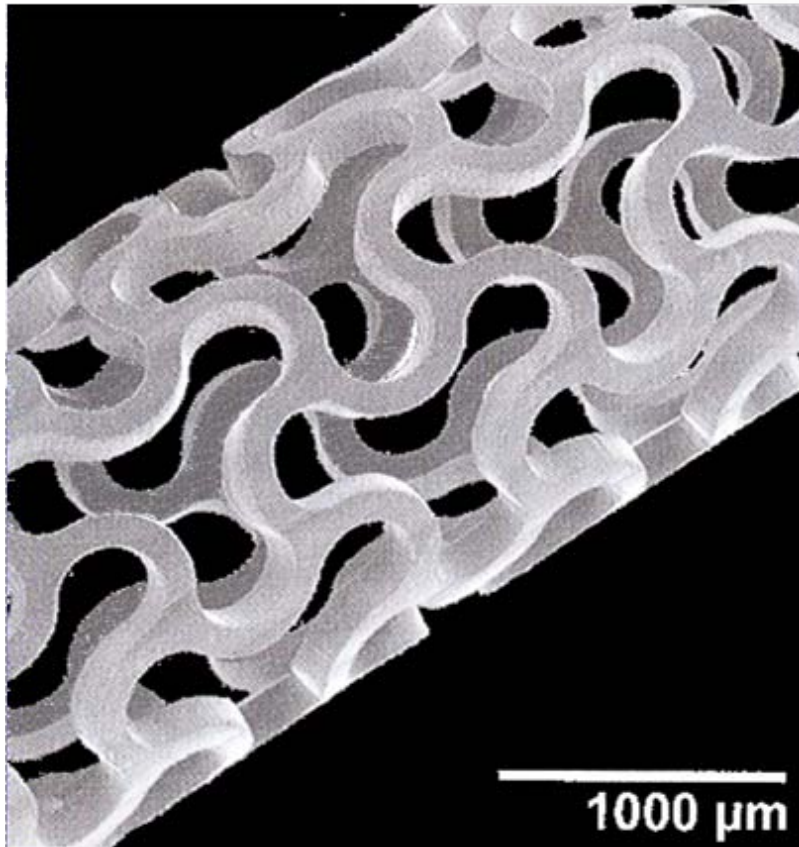
Mikroformeinsatz, $500 \times 700 \mu\text{m}^2$, $500 \mu\text{m}$ tief, hergestellt mit Pikosekundenlaser in Hartmetall



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

3. Mikrobearbeitung mit Ultrakurzpulslasern

Beispiel - Femtosekundenlaser

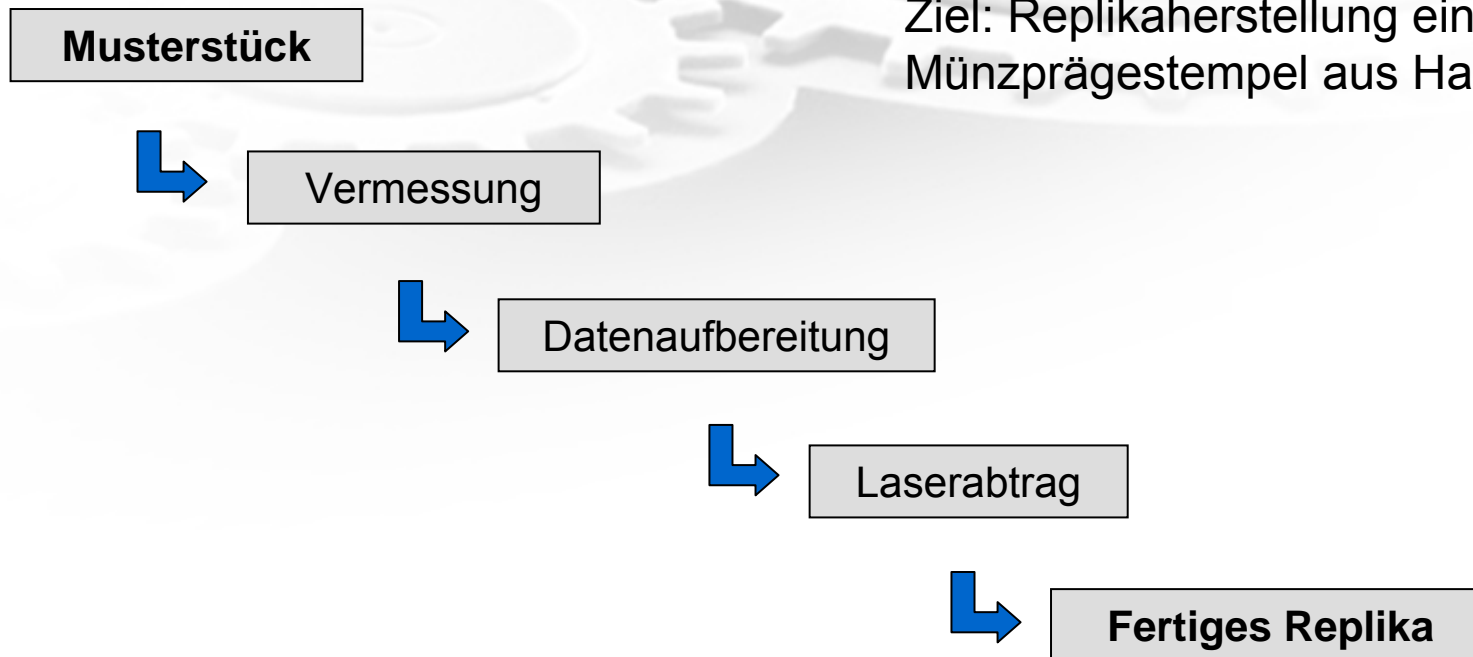


Temperaturempfindlicher Polymer-Biostent, hergestellt mit Femtosekundenlaser [Quelle: mikroproduktion 03/09]

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

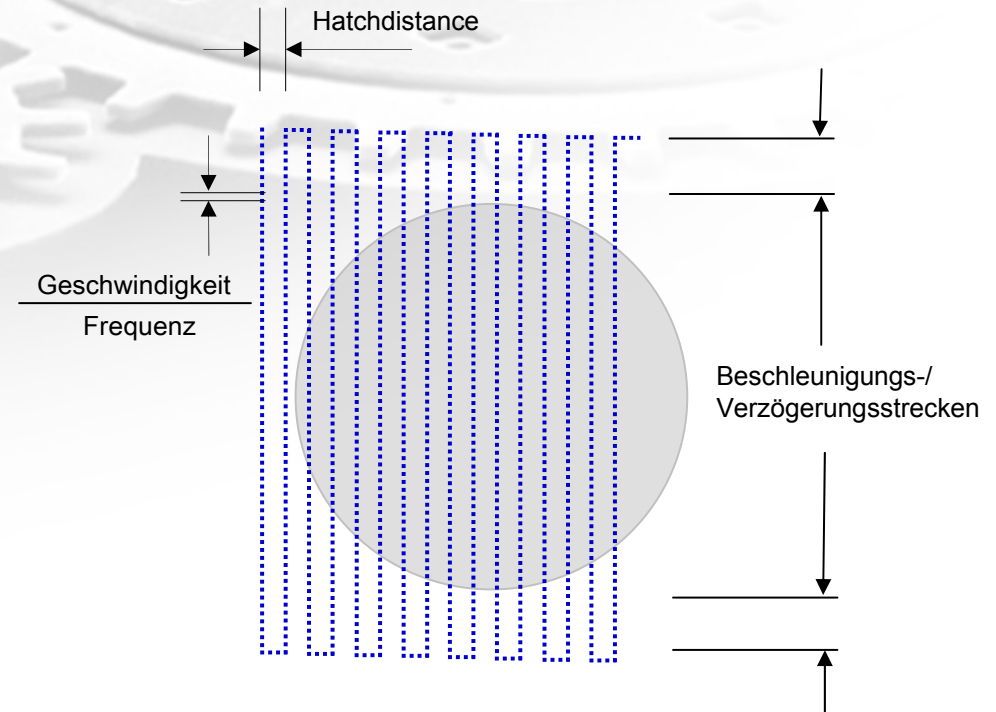
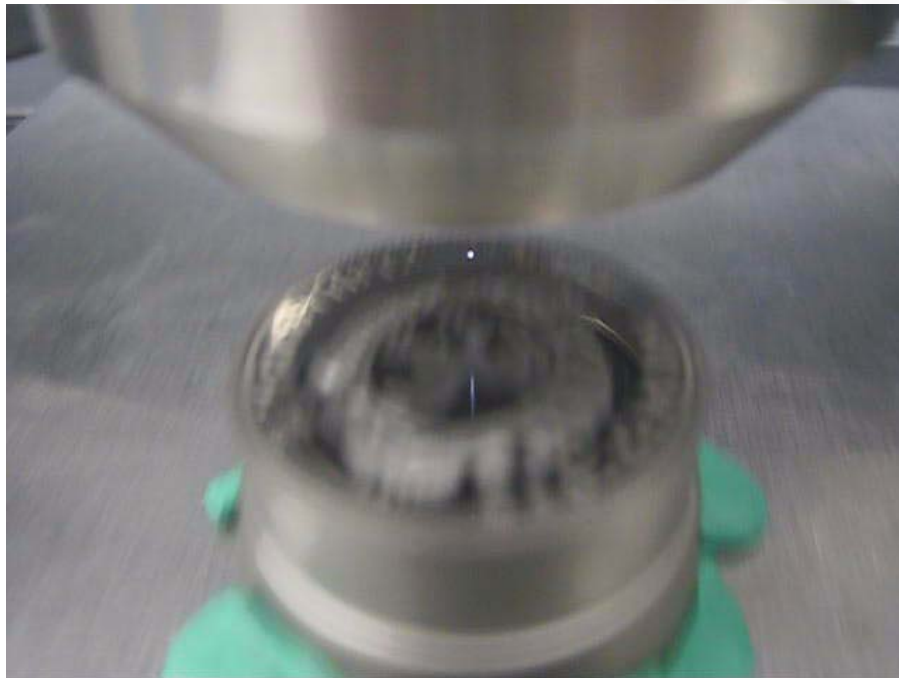
5. Case Study 3D-Prägestempel

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



Punktewolke



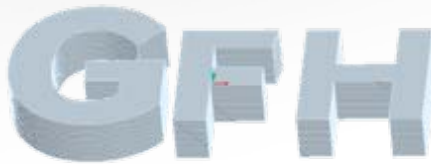
triangulierte Fläche



geschlossenes 3D Modell



STL Datei



sliced STL



Abtrag

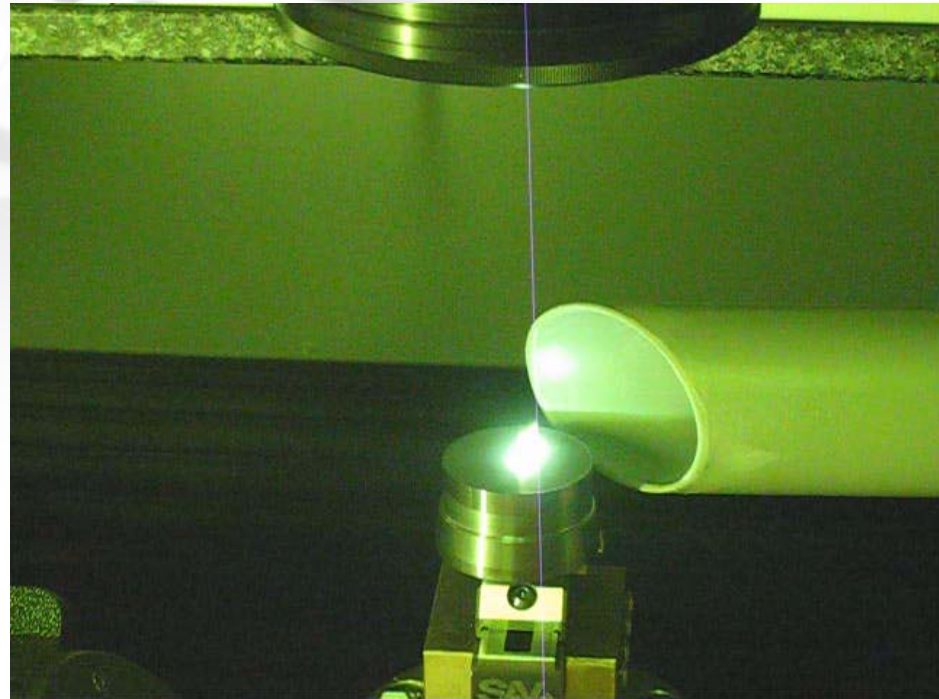


- Triangulationszeit: < 1min

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