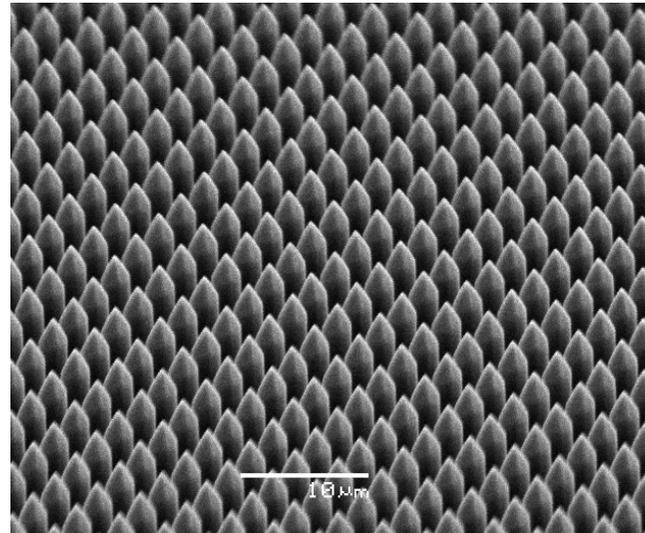
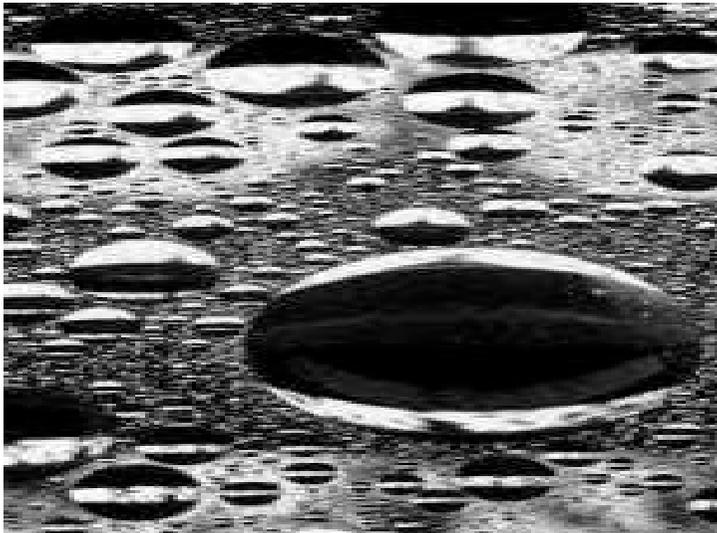
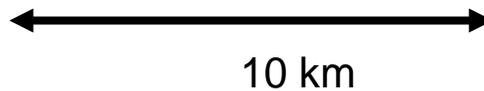


Mittels Laserbearbeitung zu medizinischen Kunststoffanwendungen

INSIGHT Laser for Medical Manufacturing - 14.6.2011



INKA – a „joint venture“ between FHNW & PSI



IKT & INKA

LMN - Labor für Mikro- und Nanotechnologien



Vorteile für INKA

- Zugriff auf volle Infrastruktur des PSI und der HT (inkl. KATZ)
- Zugriff auf knowhow auf beiden Seiten
- „Pooling“ der Personalressourcen INKA/IKT und INKA/LMN

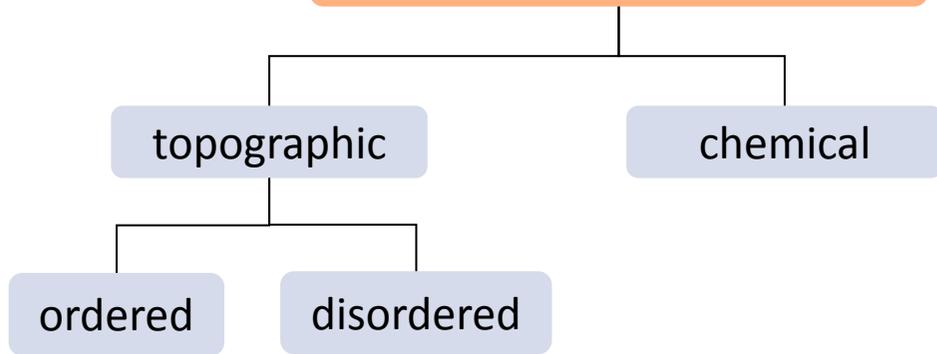
Differenzen

- Unterschiedliche Prioritäten betr. Output
- Unterschiedliche Kulturen
- Priorisierung der Forschung

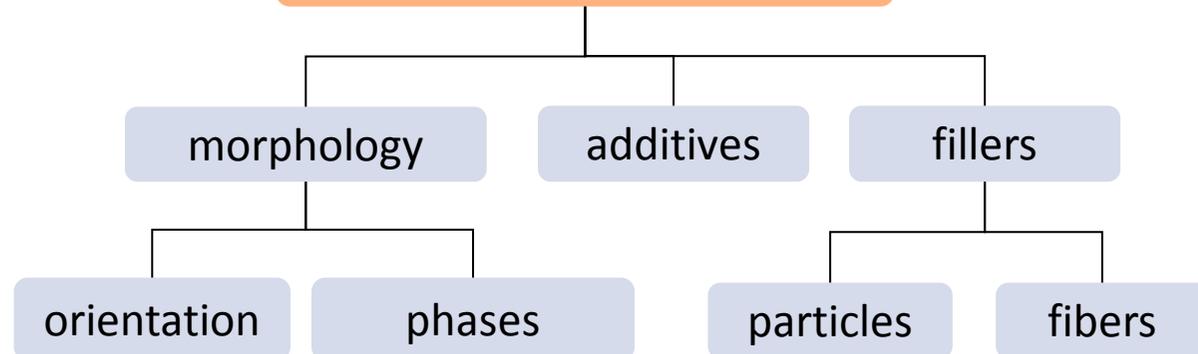
Die volle Durchlässigkeit der Grenzen zur HTNW und zum PSI macht INKA einzigartig!

Polymer functionalization – modifications on the micro- & nanoscale

Surface modification



Bulk modification



Processing

Self-assembly

coating

blending

compounding

„buckling“

grafting

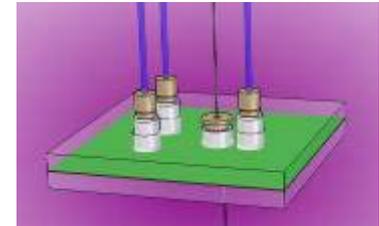
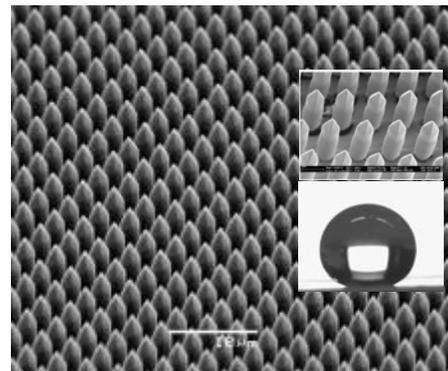
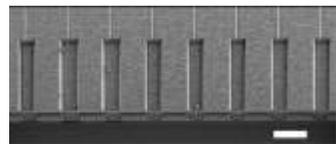
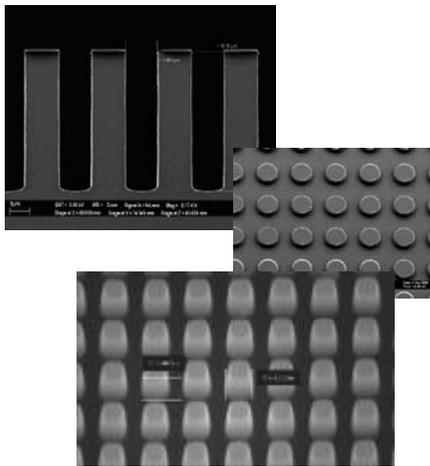
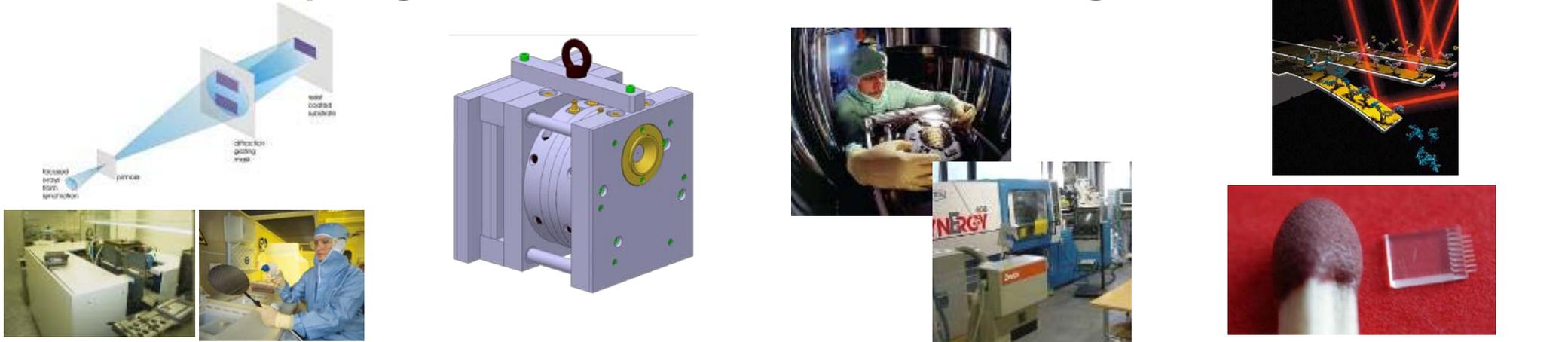
Solution processing

Hot embossing

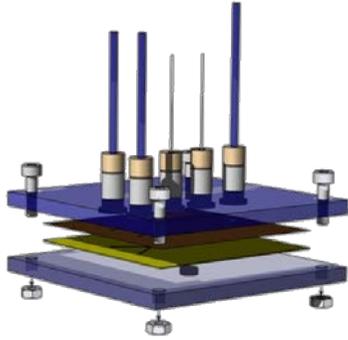
Injection & other molding, extrusion (e.g. films), spinning, etc.

After-treatment: metallization, CVD/PVD, particle or biochemical modification

Die Wertschöpfungskette der Mikro/Nanostrukturierung



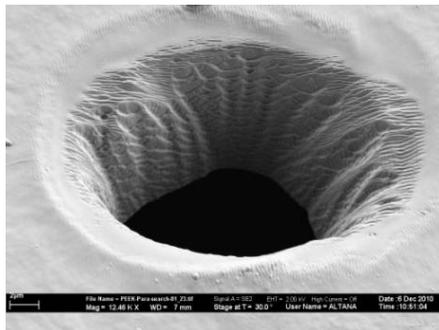
Contents



Motivation für Kunststoffe in der Medizinaltechnik



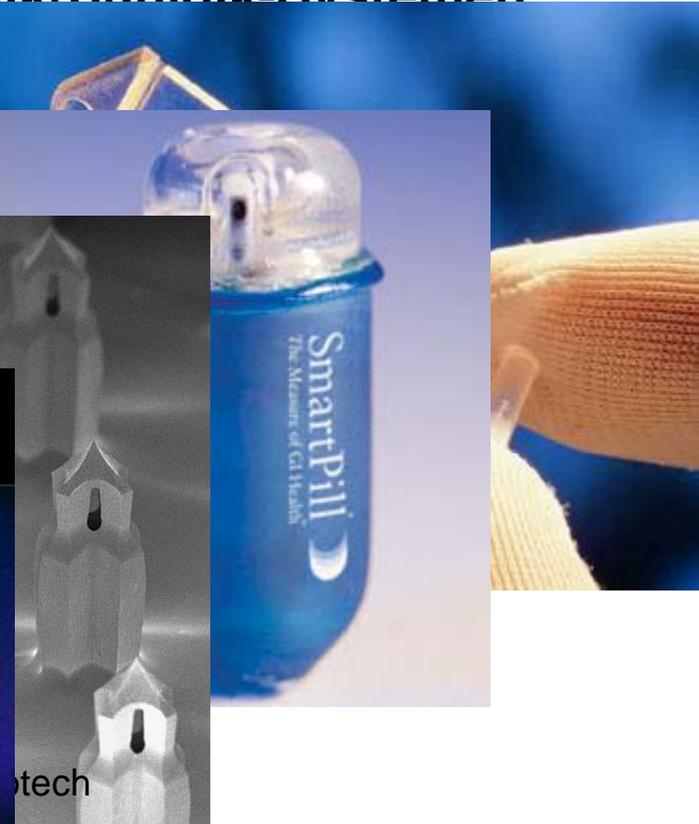
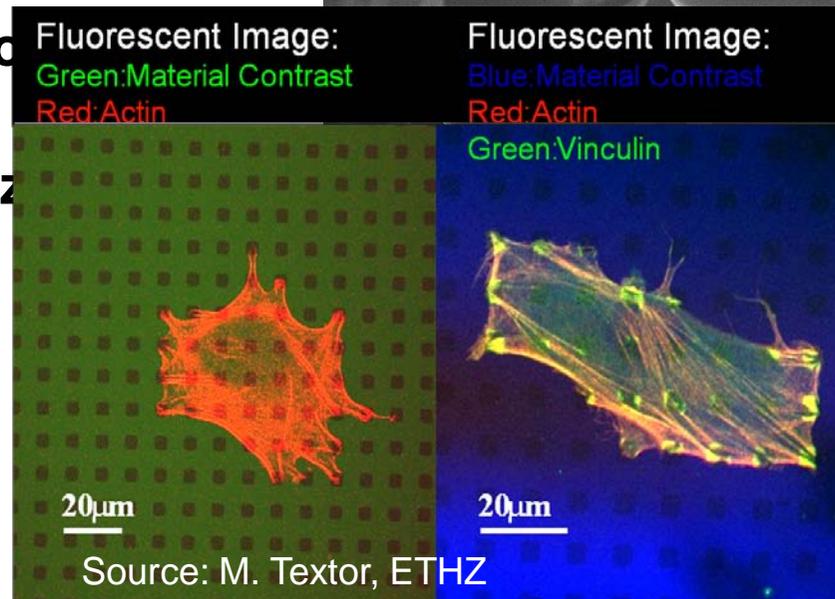
Laserbearbeitung für Werkzeuge



Direkte Laserbearbeitung von Polymeren

Motivation für Kunststoffe in der Medizinaltechnik

- Bioanalytik-Systeme und („ μ – TAS“) basierend auf Mikrofluidik-Systemen
- Minimalinvasive Mikrosysteme
- „smart pills“
- Schmerzfreie Injektion
- Biokompatible oder z
- U.v.a.m.

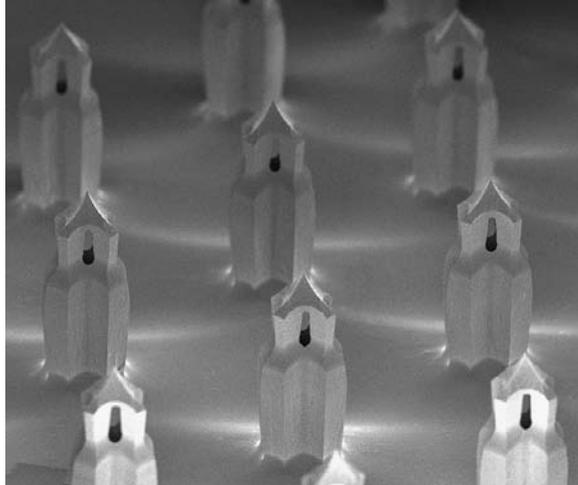


Motivation Mikrospritzguss für life sciences

Viele mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS) sind heute aus Silizium

Vorteil: sehr präzise

Nachteil: teuer



Injektions-Mikronadelfeld aus Si
für medizinische Anwendung.

Quelle: Debiotech SA



Mikrocantilever array für Bioanalytik

Quelle: IBM Research

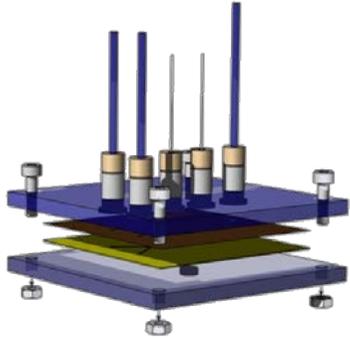
Vorteile von Kunststoffen

- **Immense Designfreiheit**
- **Vielseitigen Verarbeitungsmöglichkeiten**
- **Weitreichende Möglichkeiten zur Nachbehandlung**
- **Eigenschaftsspektrum einstellbar**
- **Geringes Gewicht**
- **Biologische Verträglichkeit**

Oberflächenstrukturierung zur Funktionalisierung von Kunststoffen

- **Ziel:** kontrollierte Mikro- oder Nanostrukturen an der Oberfläche von Kunststoffteilen, z. B. zur Beeinflussung der Benetzung oder zur Einstellung der Biokompatibilität
- **Vorteil:** kein neues Zulassungsverfahren nötig!
(im Gegensatz zu Beschichtungen)
- **Problem:** **Werkzeugherstellung.** Geforderte Materialien: Metalle (meistens Stahl), geforderte Geometrien: meistens nicht planar
- **Werkzeuge:** Mikro-/nanostrukturierte Silizium-Einlegeplatten, Nickel-Shims oder Folien, [Laser-mikrostrukturierte Stahlwerkzeuge](#)

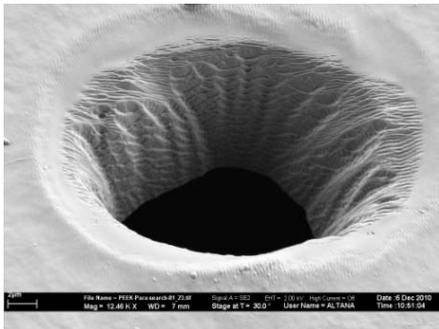
Contents



Motivation für Kunststoffe in der Medizinaltechnik

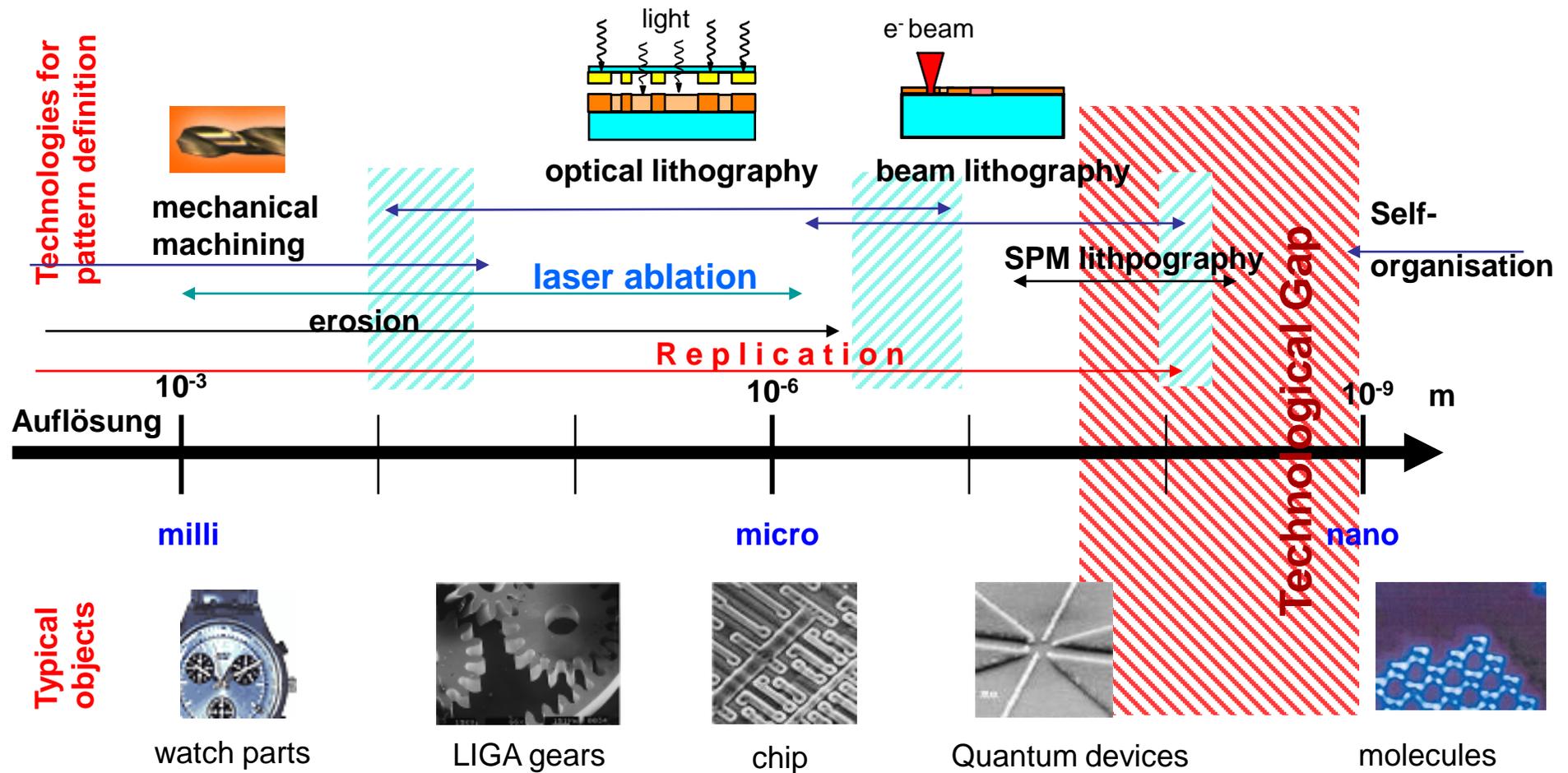


Laserbearbeitung für Werkzeuge



Direkte Laserbearbeitung von Polymeren

Werkzeugproblematik: Materialbearbeitungstechnologien < 1 mm



Techniken der Mikro-Werkzeugherstellung

Mikrofräsen:

Vorteil: etablierte Technik.

Nachteile: Auflösung auf einige –zig μm begrenzt, bei grossen Flächen langsam.

Erodieren: (Funken bzw. elektrochemisch)

Vorteile: etabliert, schnell, gute Auflösung ($\sim 1 \mu\text{m}$).

Nachteil: Herstellung Erodierwerkzeug aufwändig, weitgehend nur planare Geom.

Laserablation für die Mikrobearbeitung:

Vorteile: etabliert, gute Auflösung ($\sim 1 \mu\text{m}$), (fast) beliebige Werkzeuggeometrien

Nachteil: rauhe Oberflächen, bei grossen Flächen teuer.

Photolithografie, inkl. „umnickeln“

Vorteile: etabliert, sehr gute Auflösung

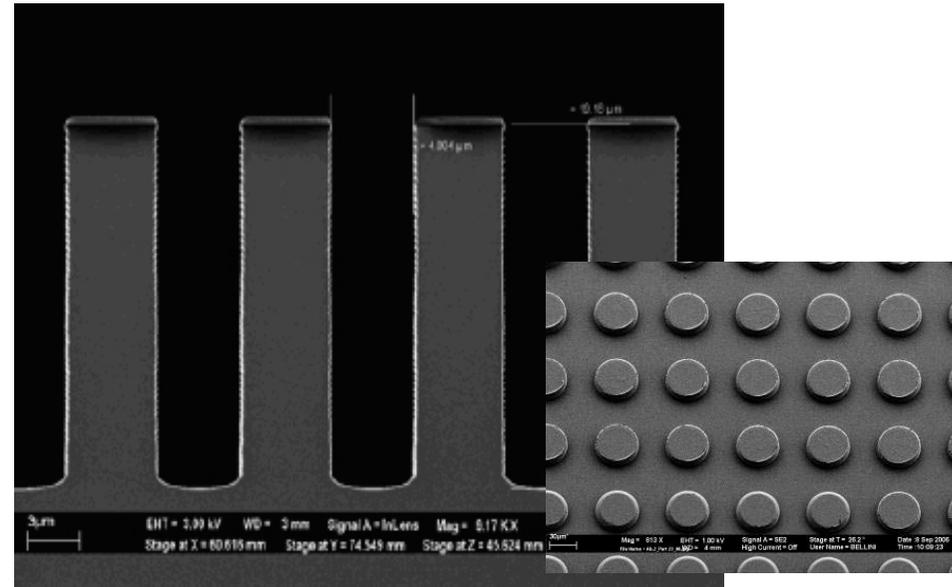
Nachteile: auf planare Geometrien beschränkt, bedingt Reinraumumgebung

Nanolithografie (Elektronenstrahl-, Röntgen- etc.)

Vorteil: Höchste Auflösung, bis wenige nm

Nachteile: Labormethoden, nur planare Geometrien, teuer

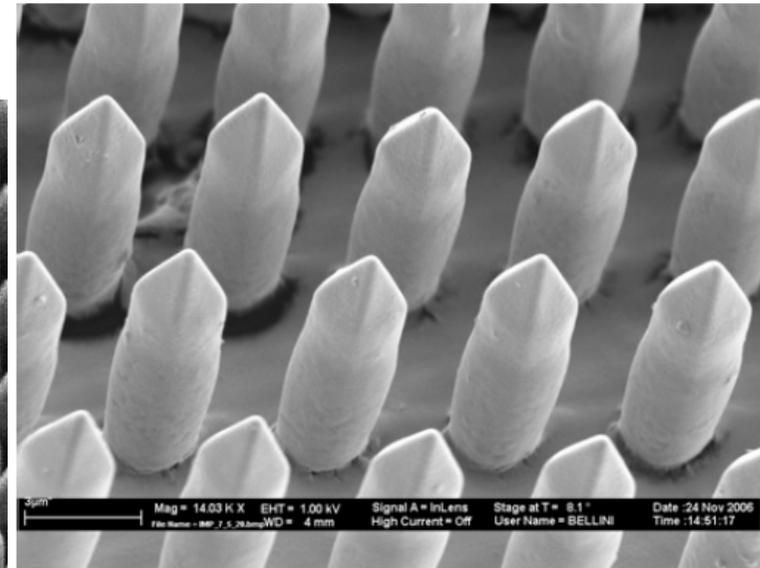
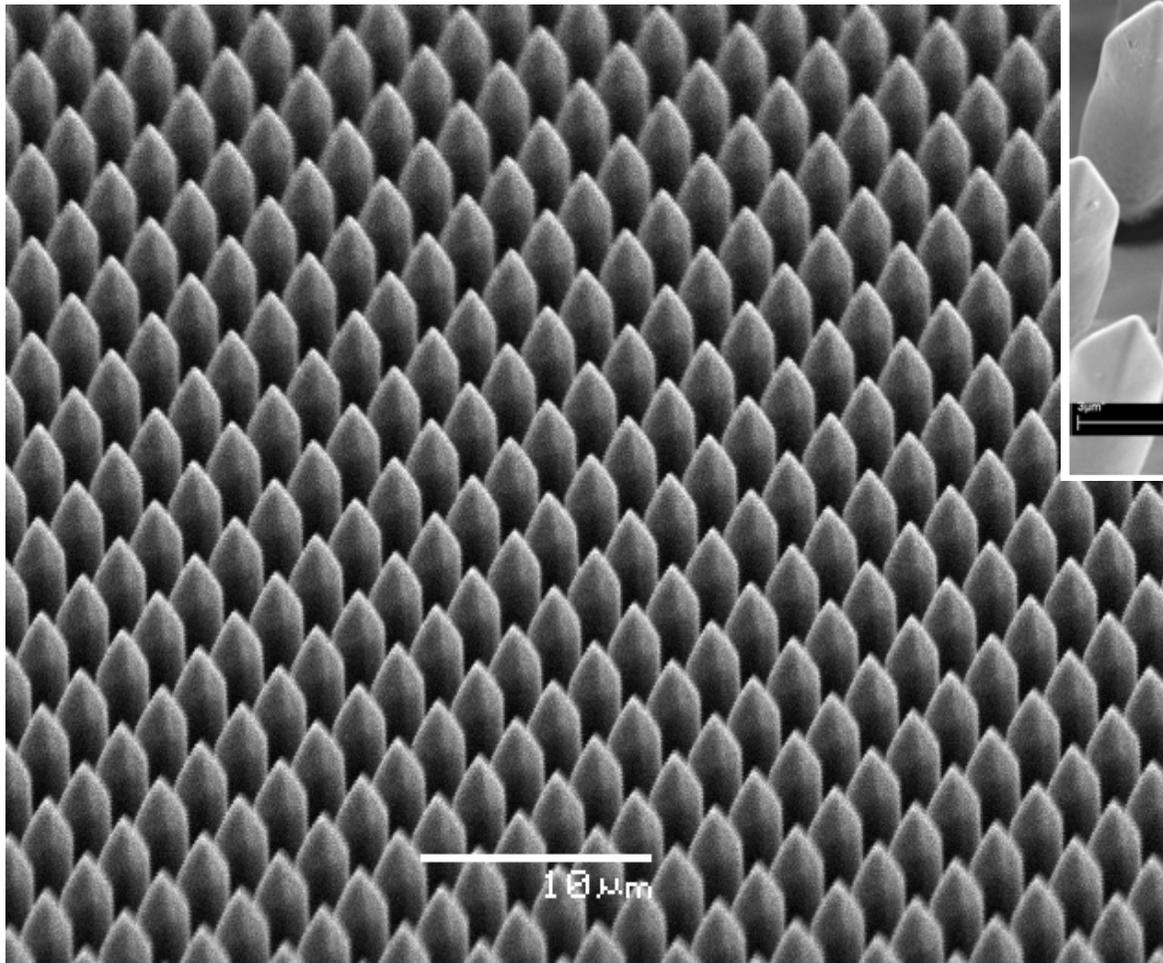
Silizium-Werkzeugeinsätze mittels Lithographie



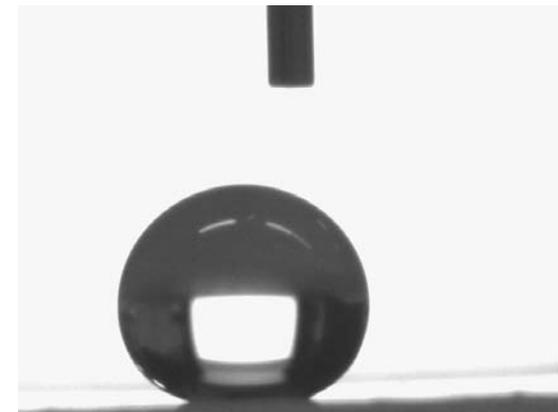
Vorteile: Extrem präzise Formgebung, Toleranzen $\ll 1 \mu\text{m}$ (Verfahren aus der Mikroelektronik), Material ist sehr hart, d.h. verschleissarm

Nachteile: Material ist sehr spröde (Bruchgefahr), Klebetechnik für Einlageplatte in Werkzeug ist aufwändig, nur planare Geometrien möglich

PP-Säulen gespritzt mit Si-Einlegeplatte



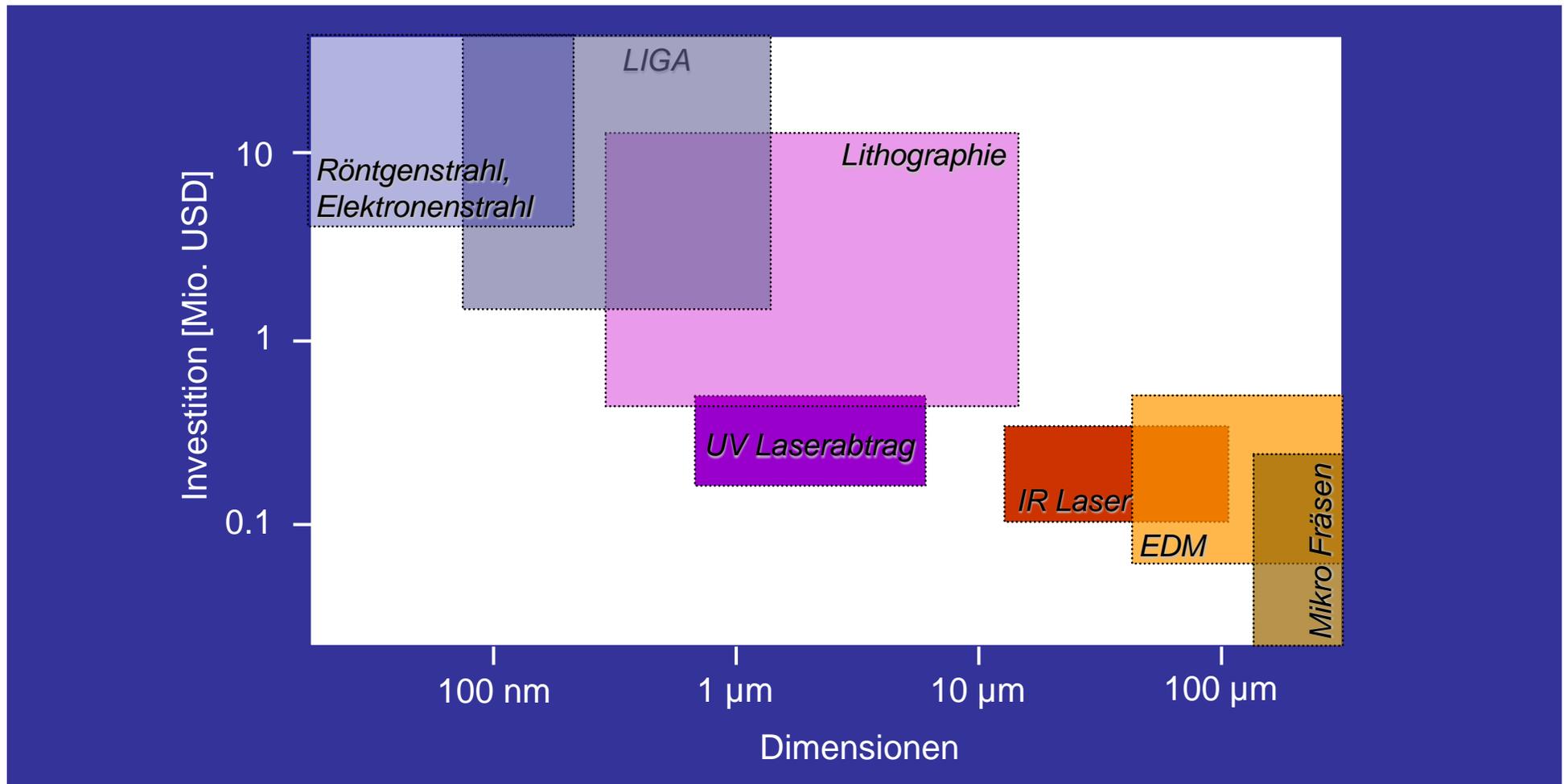
Benetzungswinkel $>160^\circ$ (H_2O)



Vergleich verschiedener Strukturierungsmethoden

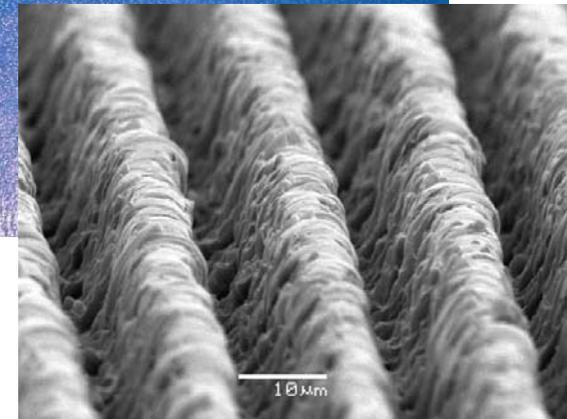
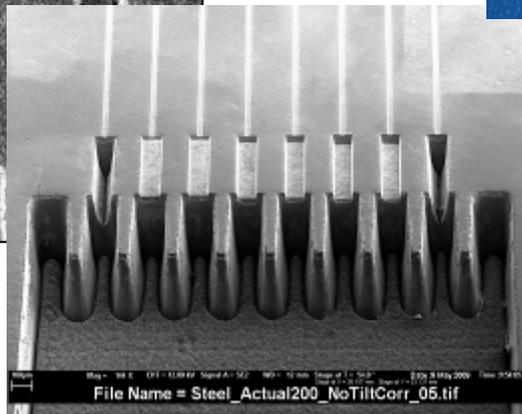
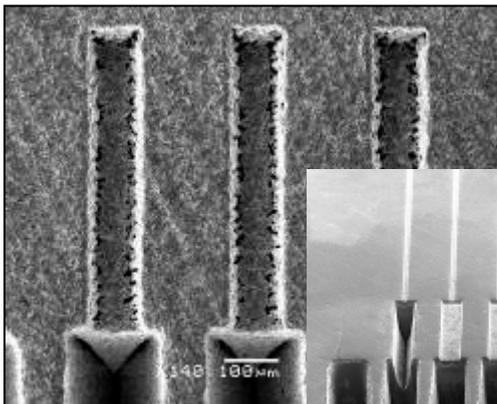
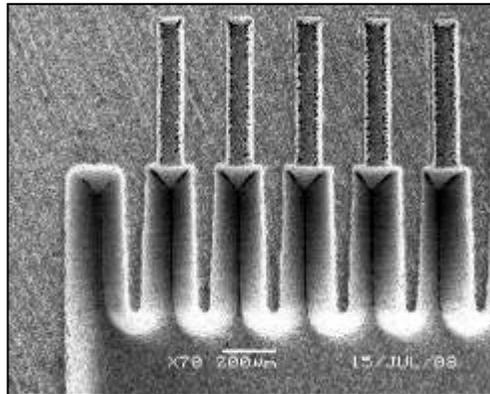
Erreichbare Dimensionen & damit verbundene Kosten

Courtesy of M. Krack



Laser-Mikrobearbeitung für Werkzeuge

Kooperation mit IPPE/FHNW (M. Krack, B. Lüscher, A. Stumpp) und mit EMPA (Dr. K. Jefimovs)



355nm
7W
500 layers

Material: Stahl

Testmold für Oberflächenrauigkeit

Anwendungsbeispiel: Entnetzende Oberflächen für Bioanalytik

Problem: Zu strukturierende Oberflächen sind nicht planar

Lösung 1 (Mikrostrukturen): Laser Micromachining

Lösung 2 (sub-mikron Strukturen): Photolithografie + Nickelfolie



10 μm



Flüssigkeit 1

Flüssigkeit 2

glatte Oberfläche

66°

70°

100 nm-Linien

120°

134°

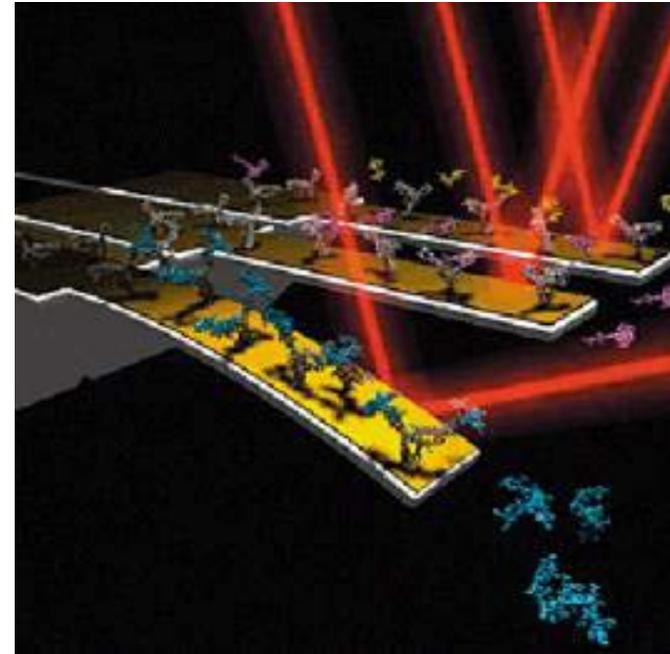


Kooperationspartner: Roche Diagnostics AG und 3D AG

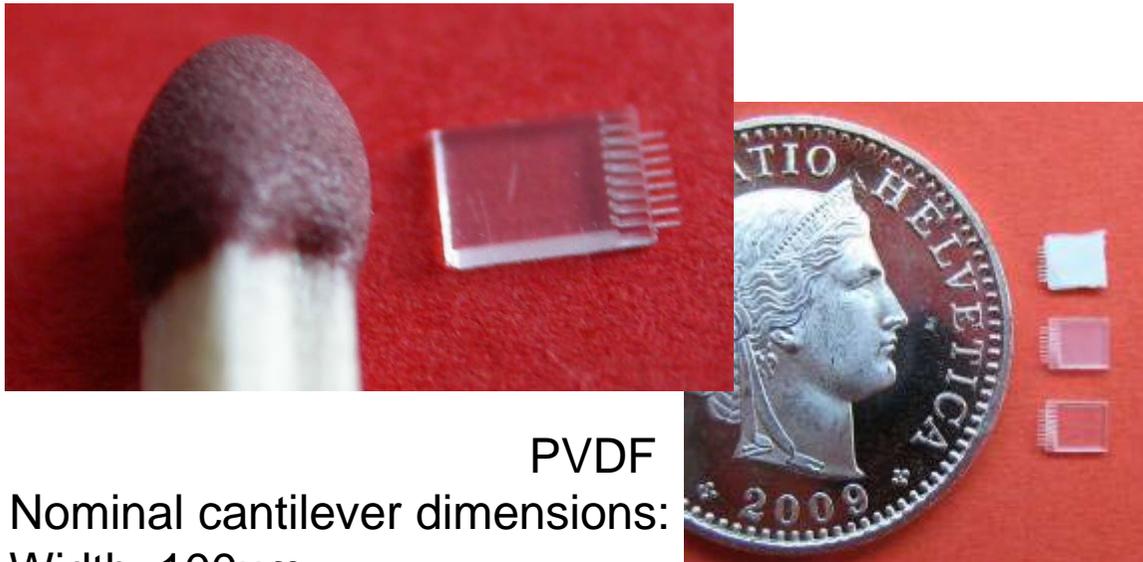
Anwendungsbeispiel: Cantilever-Sensor für Bioanalytik



Concentris
Basel



Spritzgegossene Mikroblatfedern



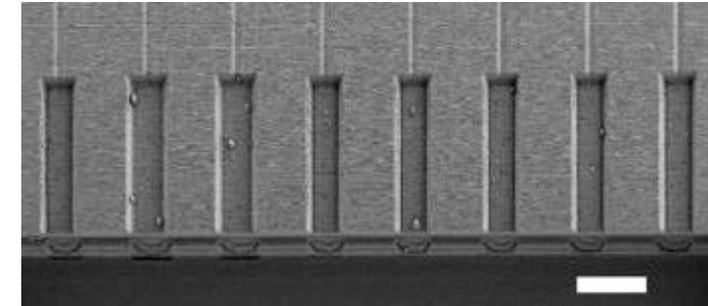
PVDF

Nominal cantilever dimensions:

Width: 100µm

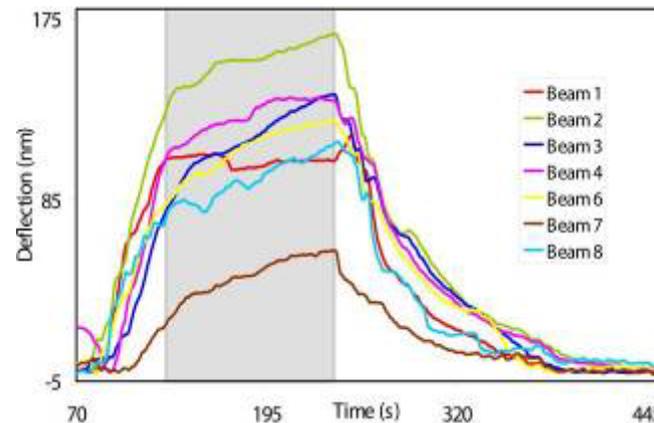
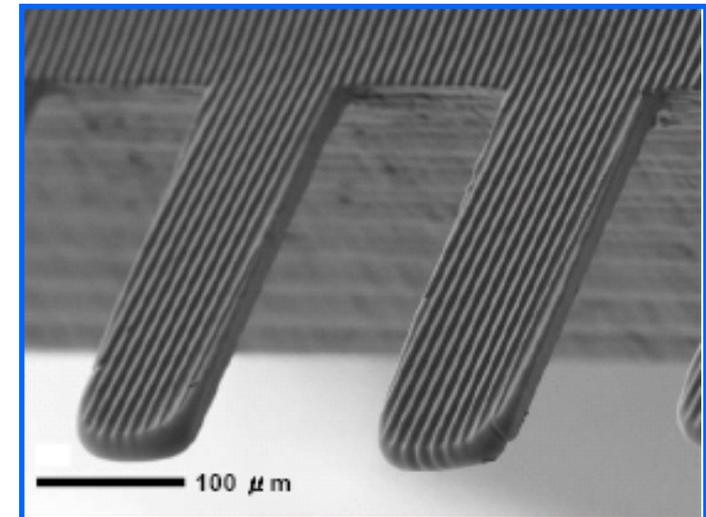
Length: 500µm

Thickness: currently 30µm
→ Target 10µm

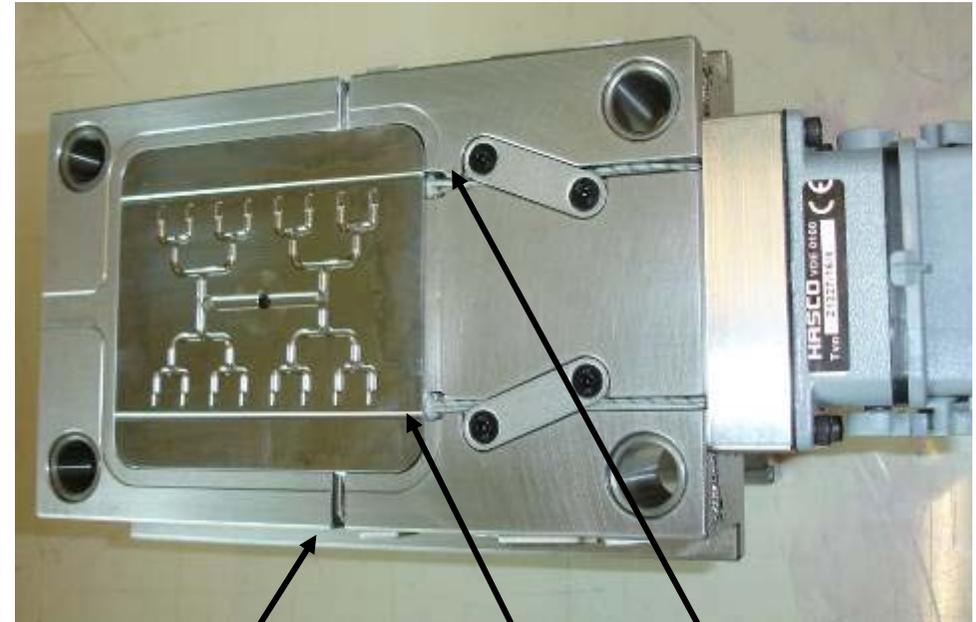
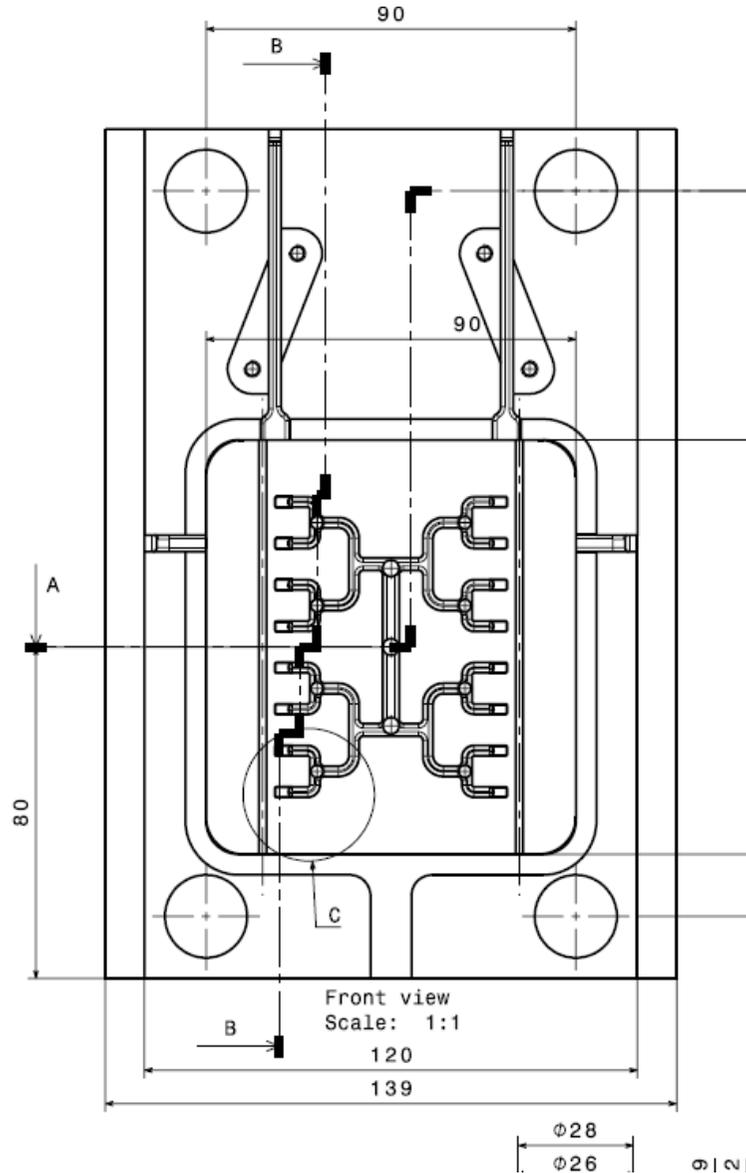


Laser-machined mold insert

Zusätzliche Oberflächenstrukturierung

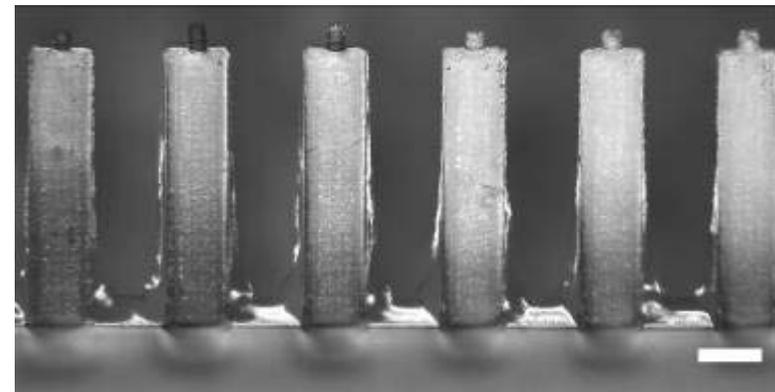


Variothermes Spritzgusswerkzeug



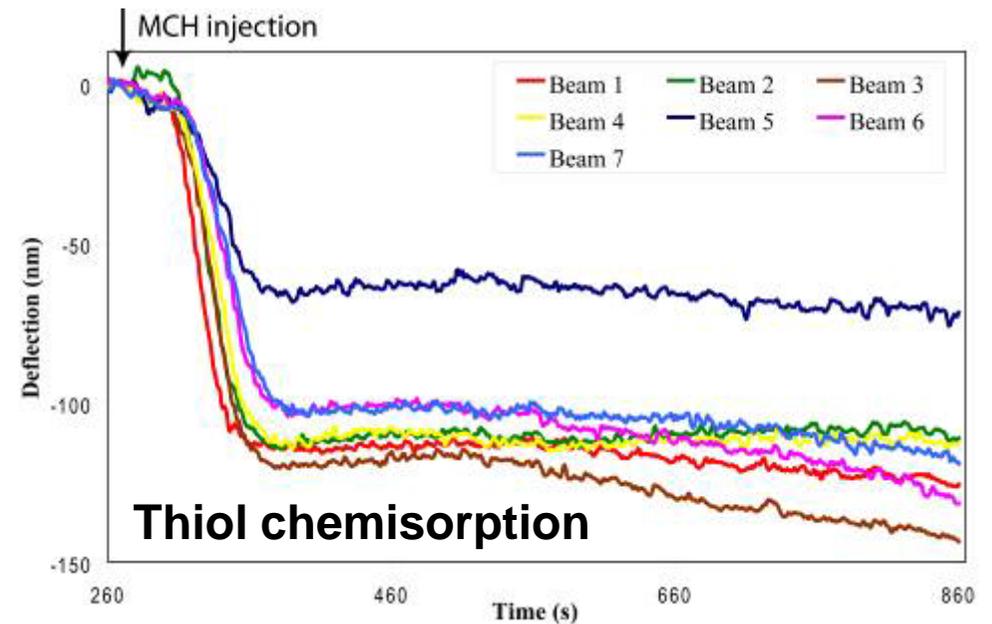
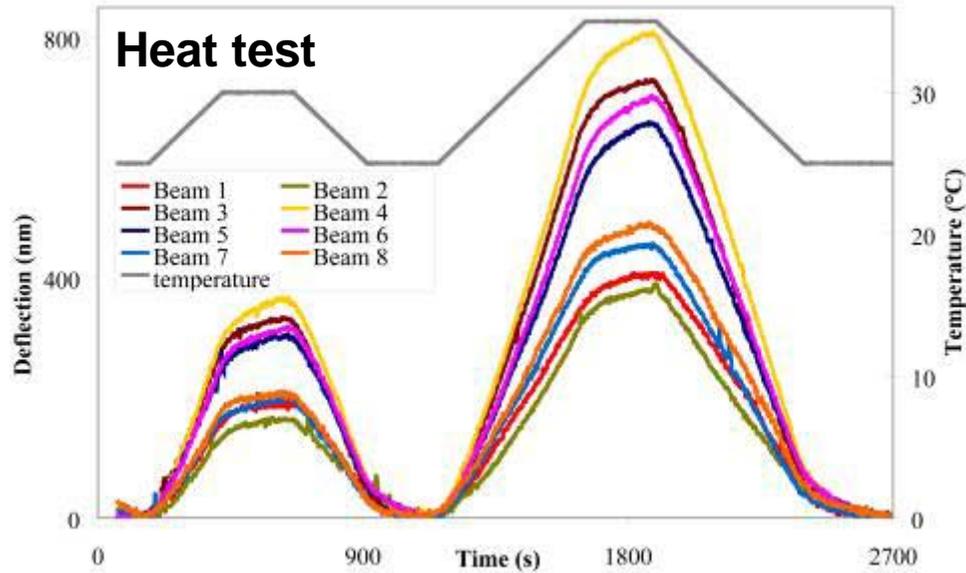
Thermofühler

Heizpatronen

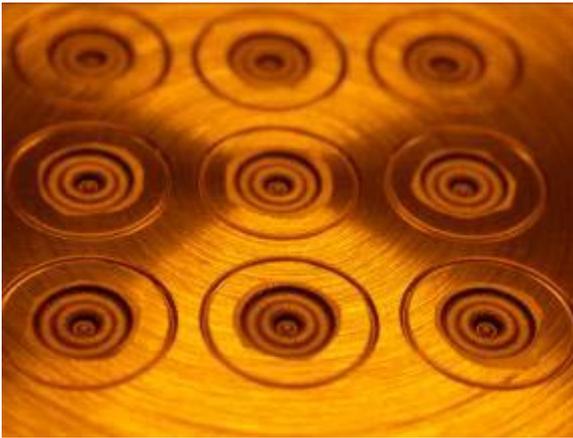


Gespritzte Cantilevers

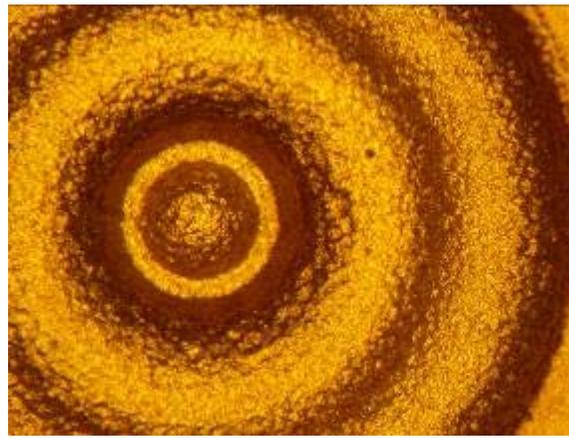
Charakterisierung der spritzgegossenen Mikroblatfedern



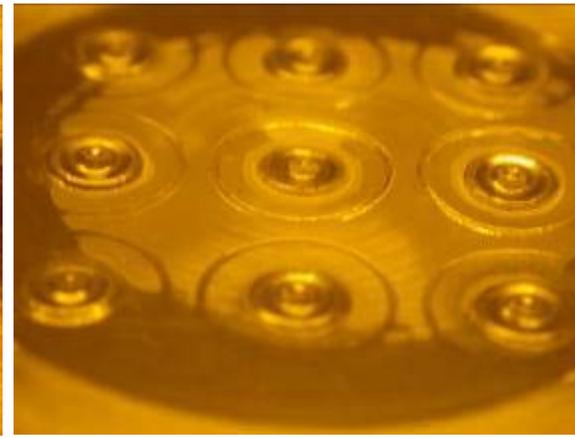
Anwendungsbeispiel: Balg-Membran aus PSU Folie für optischen Drucksensor in Medikamentenpumpe



9-fach Werkzeughälfte, Messing, **gelasert**

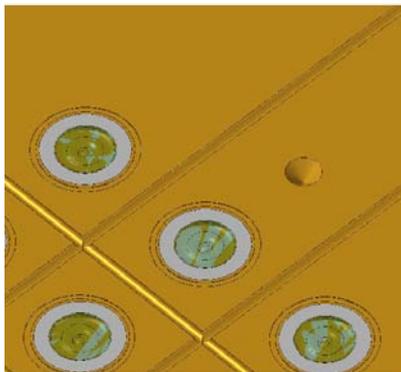


Werkzeug Detail

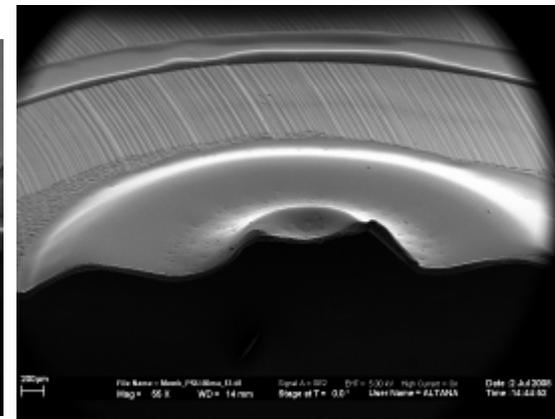
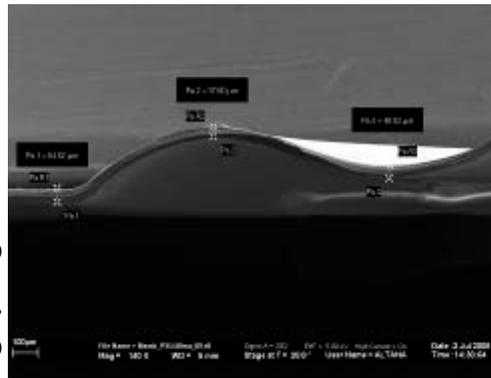


Folie nach Abformung

CAD für Laser

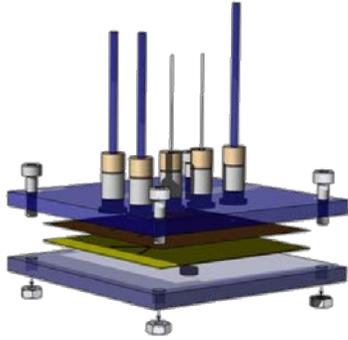


Querschnitte der
geprägten Membran



Kooperation IPPE, M. Krack

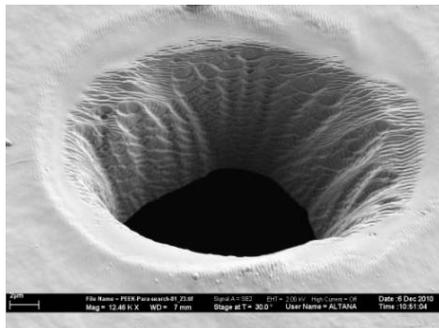
Contents



Motivation für Kunststoffe in der Medizinaltechnik



Laserbearbeitung für Werkzeuge



Direkte Laserbearbeitung von Polymeren

Laserbearbeitung von Kunststoffen

- **Ablation → Materialabtrag**

- bedingt Absorption der Strahlung
- unter Umständen Modifikation nötig

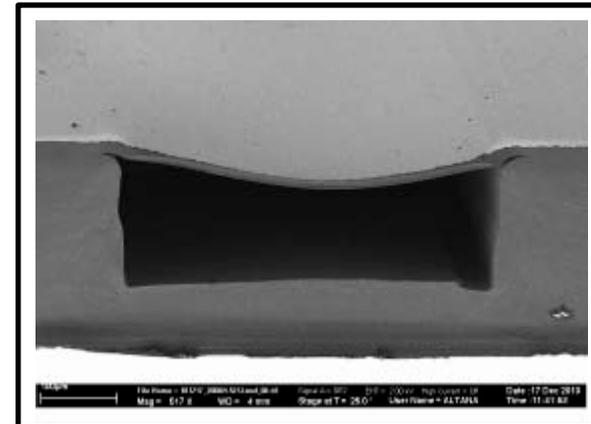
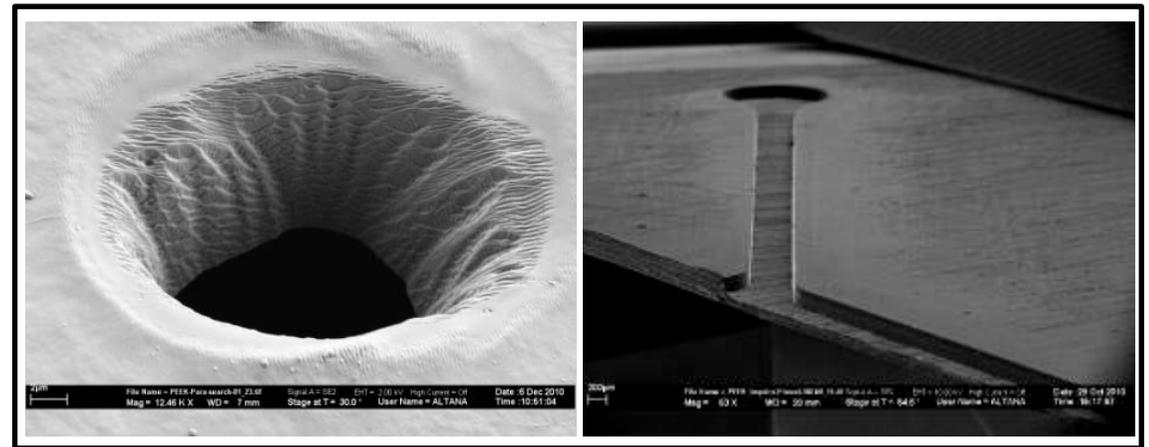
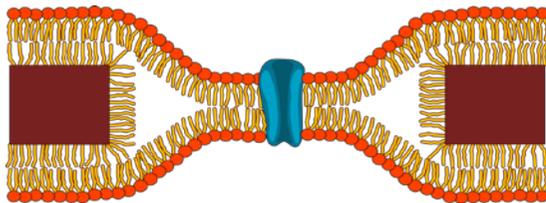
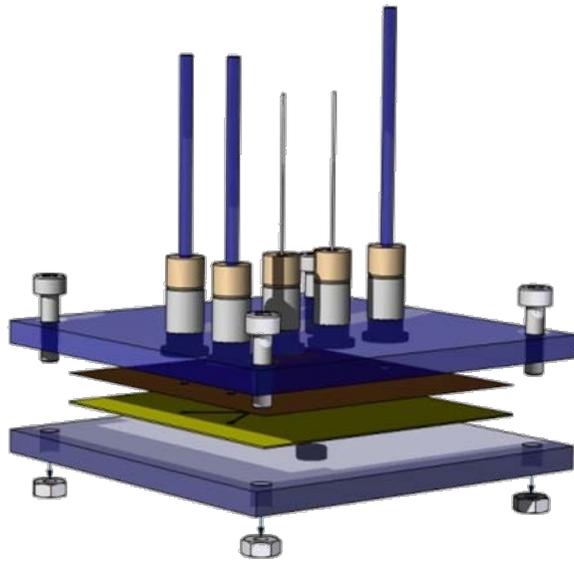
- **Funktionalisierung**

- Aktivierung der Oberfläche
- anschl. chemische Modifikation

- **Laserschweissen**

- ausgezeichnete Technik für Mikrofluidik-Systeme

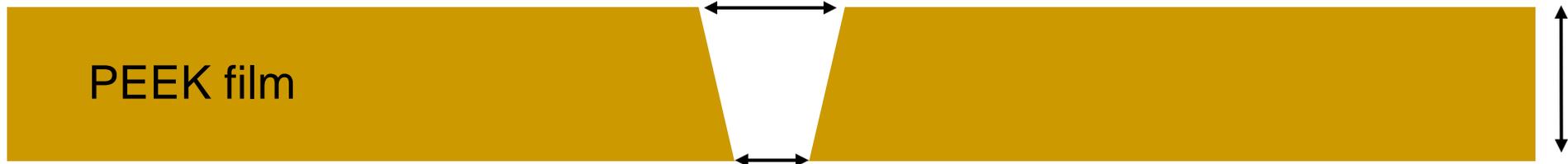
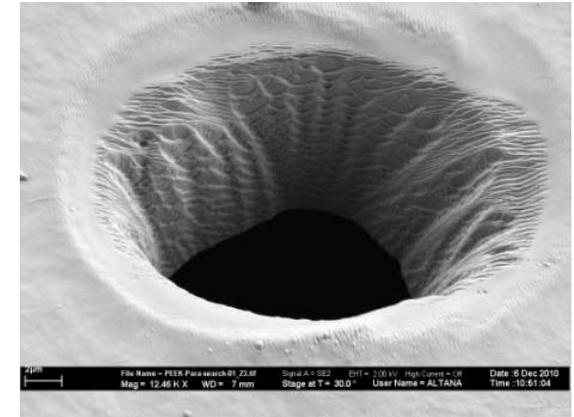
Mikroperforiertes Fluidiksystem – Prototyp Stadium



L. Tiefenauer et al. Patent angemeldet

Mikroperforiertes Fluidiksystem – Next steps

- **Verbesserung der Stabilität von Bilayern**
 - Löchergeometrie optimieren ; Verbindungstechnik



- **Fragestellungen:**
 - Wie kleine Durchmesser sind möglich?
 - Wie dünne Filme lassen sich noch handhaben?
 - Laserschweissen statt thermal bonding

L. Tiefenauer et al. Patent angemeldet

Zusammenfassung & Ausblick

- **Der Einsatz von Mikro-Komponenten und Systemen aus Kunststoff in der Medizinaltechnik und Bioanalytik wird weiter wachsen.**
- **Die Funktionalisierung von Oberflächen durch Mikro- und Nanostrukturen kann neue Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten für Kunststoff erschliessen.**
- **Laserbearbeitung eröffnet Möglichkeiten für die Werkzeugherstellung sowie für die direkte Bearbeitung von Kunststoffen. Wo liegen die Grenzen?**

Danksagung

- **Armin Stumpp, Beat Lüscher, Markus Krack (FHNW-IPPE)**
- **Prabitha Urwyler, Sonja Althaus, Helmut Schiff, Jens Gobrecht (PSI-INKA), Clemens Holzer (jetzt Univ. Leoben)**
- **Louis Tiefenauer, Ingrid Imhof (PSI-BMR)**
- **Dr. K. Jefimovs (EMPA)**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt



Fachhochschule Nordwestschweiz,
Hochschule für Technik
Institute für Kunststofftechnik (IKT) und für
nanotechnische Kunststoffanwendungen (INKA)

Prof. Dr. Per Magnus Kristiansen
Stv. Institutsleiter

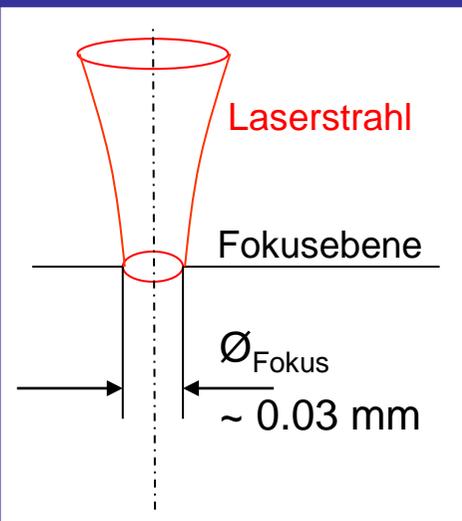
Klosterzelgstrasse 2
5210 Windisch
T +41 56 462 45 41
F +41 56 462 45 50

magnus.kristiansen@fhnw.ch
www.fhnw.ch/technik/inka
www.fhnw.ch/technik/ikt

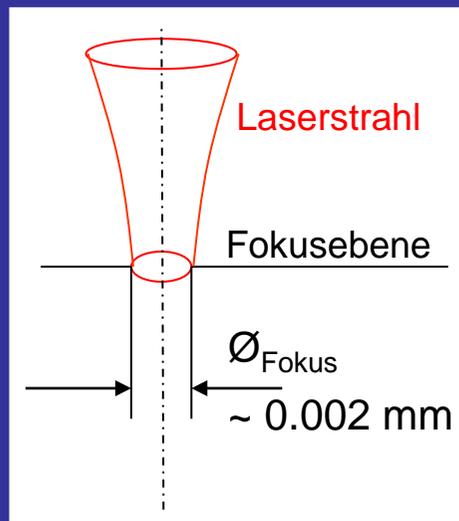
Laserengraving / Laserablation

Dimensionen mit verschiedenen Laser-Wellenlängen

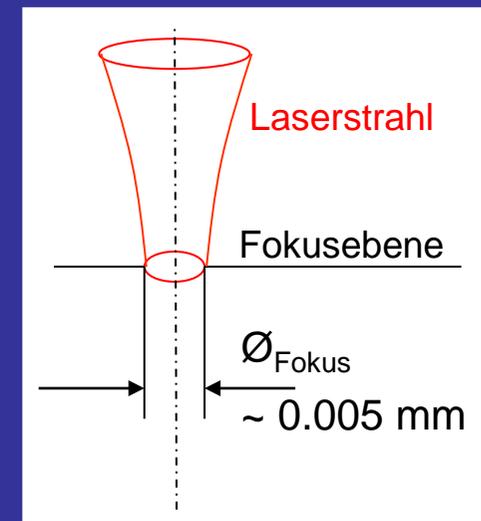
Wellenlänge
 $\lambda = 1064 \text{ nm}$



Wellenlänge
 $\lambda = 532 \text{ nm}$



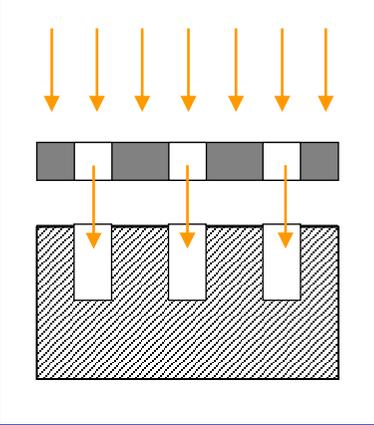
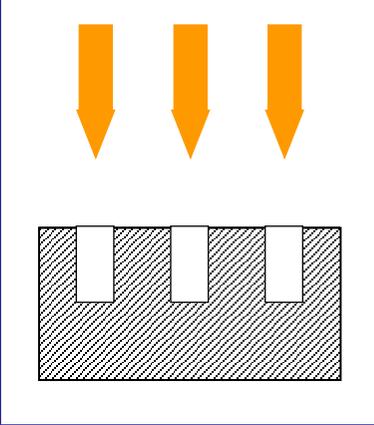
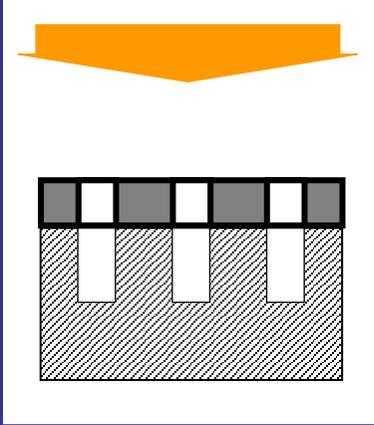
Wellenlänge
 $\lambda = 355 \text{ nm}$



→ Je kleiner die Wellenlänge, desto kleiner ist der erreichbare Fokusbereich!

Vergleich verschiedener Strukturierungsverfahren (1)

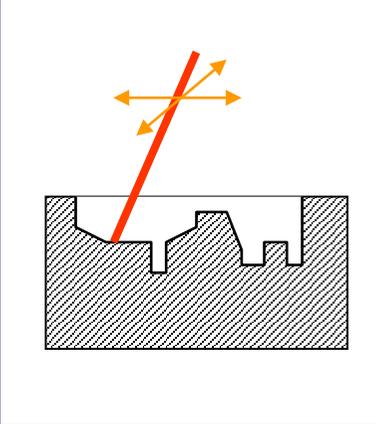
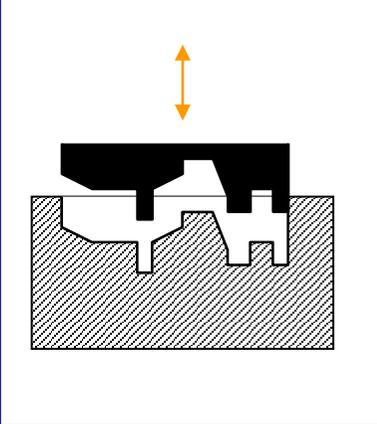
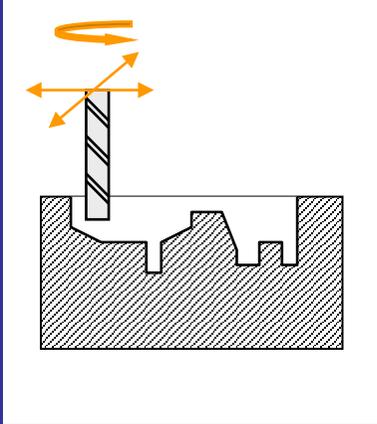
Lithographische Verfahren – strikt 2D, manchmal 2.5D

| Verfahren | LIGA ³ | Ionen Strahl | Lithographie |
|-------------|--|--|--|
| Prinzip |  |  |  |
| Dimensionen | ~30 nm | ~30 nm | ~200 nm |
| | 2.5 D | 2.5 D | 2.5 D |

[3] Lithographie, Galvanoformung und Abformung

Vergleich verschiedener Strukturierungsverfahren (2)

3D-Verfahren mit weitreichenden Anwendungen

| Verfahren | Laserengraving | EDM | Mikrofräsen |
|-------------|--|--|--|
| Prinzip |  |  |  |
| Dimensionen | <p>~0.05 mm⁴ ~0.001 mm⁵</p> | <p>~0.01 mm</p> | <p>~0.15 mm</p> |
| | <p>3 D</p> | <p>3 D</p> | <p>3 D</p> |

[4] IR – Laser

[5] UV - Laser

Simulation des Füllvorgangs im Mikrospritzguss-Prozess

