

LASERPROZESSIERUNG VON GLAS UND POLYMEREN FÜR MIKROFLUIDISCHE UND OPTISCHE ANWENDUNGEN

Die Fraunhofer Institute ILT (Aachen) und ISC (Würzburg) entwickeln zusammen mit der Firma Lightfab aus Aachen eine neuartige Prozesskette zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen. Diese erlaubt die Politur von dreidimensionalen Mikrofluidikgeometrien und das nachträgliche Fertigen von Mikrostrukturen in den Kanälen. Die dafür verwendeten Laserbearbeitungsschritte sind:

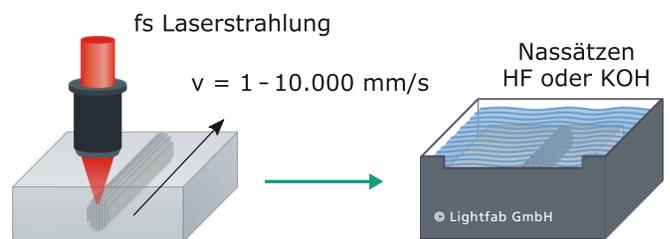
Selektives Laser Ätzen (SLE = Selective Laser Etching)

Bei diesem Verfahren werden ultrakurze (300 - 3000 fs) Laserpulse in Quarzglas fokussiert. Bereiche des Glases, die mit dem Laser wechselwirken, zeigen nach der Belichtung eine um einen Faktor von 1000 erhöhte Löslichkeit z. B. in KOH. Eine 3D-Bewegung des Brennpunktes im Glas in Kombination mit einem zusätzlichen Ätzschritt führt so zu sehr präziser Erzeugung von dreidimensionalen Hohlräumen in und auf Glasbauteilen bzw. Glassubstraten.

Typische Prozessparameter

Prozessgeschwindigkeit:	200 mm/s – ca. 1-2h für Bauteil (siehe Foto)
Genauigkeit:	< 10 μm
Rauheit:	$\approx 0,2 \mu\text{m RMS}$
Typische Bauteilgröße:	< 100 x 100 x 7 mm ³

Prozessflow SLE



Mittels SLE hergestellte Knotenstruktur | © Lightfab GmbH



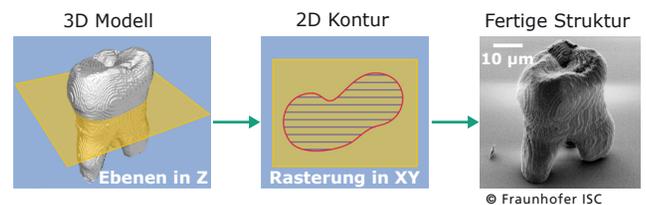
Zwei-Photonenpolymerisation (2PP)

Ähnlich zur SLE werden bei der 2PP ultrakurze Laserpulse in das zu bearbeitende Material fokussiert. Dabei handelt es sich allerdings um ein zunächst flüssiges Polymer. Im Brennpunkt findet aufgrund der hohen Spitzenintensitäten eine Zwei-Photonen Absorption (TPA) statt, die zur lokalen Verfestigung des Materials führt. Eine Bewegung des Brennpunktes in alle Raumrichtungen sowie ein anschließender Entwicklungsschritt, um das unbelichtete, flüssige Polymer zu entfernen, erlaubt so die additive Fertigung von echten 3D Mikrostrukturen.

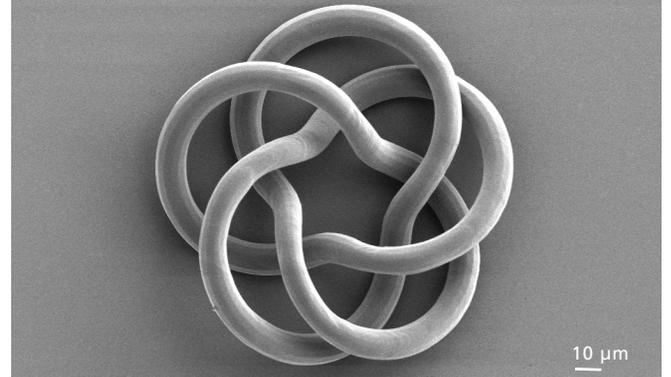
Typische Prozessparameter

Prozessgeschwindigkeit:	typ. 10 mm/s Positioniergeschwindigkeit
Genauigkeit:	< 1 μm
Rauheit:	< 50 nm RMS
Typische Bauteilgröße:	Kantenlänge $\approx 50 \mu\text{m}$ bis 1 mm

Prozessflow 2PP



Mittels 2PP hergestellte Knotenstruktur | © Fraunhofer ISC



Laserpolieren

Das Polieren von Glas- und Kunststoffmaterialien mit CO₂-Laserstrahlung beruht auf der Absorption der Laserstrahlung in einer dünnen Randschicht des Werkstücks, so dass oberflächen-nahe Temperaturen knapp unterhalb der Verdampfungstemperatur erreicht werden. Durch diese Aufheizung wird die Viskosität des Materials reduziert, so dass die Rauheit aufgrund der Oberflächenspannung ausfließt und geglättet wird. Die Laserpolitur erreicht im Vergleich zu anderen Polierverfahren unter anderem eine vorteilhafte kleinere Mikrorauheit, trägt kein Material ab und ist an unterschiedlichste Oberflächenformen anpassbar.

Typische Prozessparameter

Prozessgeschwindigkeit:	bis zu 1 cm ² /s
Rauigkeit:	PV < 0,5 µm; Rq < 1 nm
Typische Bauteilfläche:	Ø 1 Zoll

Kombination der drei Methoden

Die Kombination der drei Laserprozesse ermöglicht die Herstellung von bisher nicht realisierbaren Bauteilen, da prozessspezifische Nachteile kompensiert werden können und neue Funktionalitäten entstehen.

Zu den Vorteilen gehören insbesondere:

- Nahezu beliebige dreidimensionale Geometrien aus Glas und Polymer
- Zusätzliche Funktionalität von Glasteilen durch polymere Mikrostruktur (insbesondere in Mikrofluidikkanälen)
- Polymere Mikrooptik (Spiegel, Linsen etc.) auf Glasbauteilen
- Glättung von ansonsten rauen Oberflächen aus der SLE ⇒ Optische Qualität und Mikroskopierbarkeit

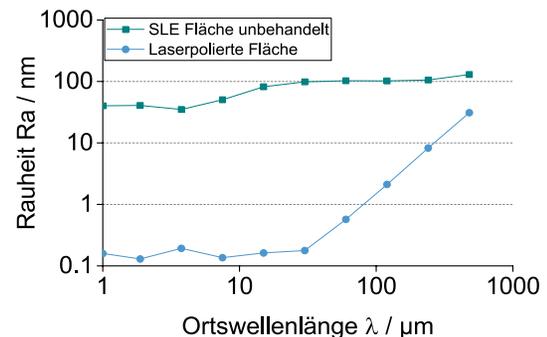
Besonders vorteilhaft bei der Kombination der drei Prozesse ist, dass SLE und 2PP in einer einzigen Laseranlage durchgeführt werden können.

Optik vor und nach Laserpolitur | © Fraunhofer ILT

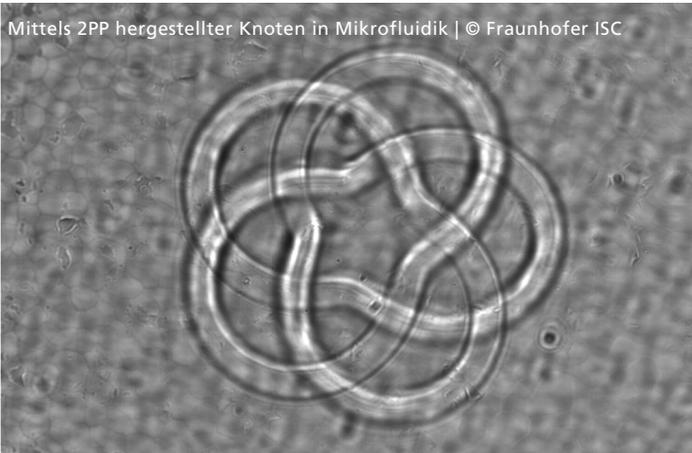


Zu den möglichen Anwendungsfeldern der neuen Prozessführung gehören:

- Mikrofluidik: Völlig neuartige Systeme für z. B. Lab-on-Chip-Anwendungen; Mikroreaktoren
- Optofluidik und optische Integration: Optische Detektion in Fluidikzelle; Integration von Fasern
- Optik: Asphären und Freiformflächen
- Mikromechanik: In Fluidik integrierte Ventile und Klappen; Mikromischer



Mittels 2PP hergestellter Knoten in Mikrofluidik | © Fraunhofer ISC



Mikrofluidikzelle vor und nach Laserpolitur | © Fraunhofer ILT

