# Scannerbasierte, dynamische Präzisionsbearbeitung mit hochbrillanten Strahlquellen (Scaps)



## Zielstellung

Bisher erfolgt die Politur von Werkzeugformen meist mit der Hand. Dies ist ein zeitintensiver Prozess, bei dem die Reproduzierbarkeit nicht immer gewährleistet ist. Ziel des FuE-Projektes ist die Entwicklung eines industrietauglichen Laserstrahlpolierprozesses. Im Besonderen sollen die Bearbeitungsgeschwindigkeit und die Reproduzierbarkeit des Prozesses für ausgewählte Werkzeugstähle des Werkzeug- und Formenbaus erhöht und in einer 3D-Bearbeitung umgesetzt werden. Außerdem wird ein neuartiger Scanner zum Ablenken des Laserstrahls entwickelt und erprobt.

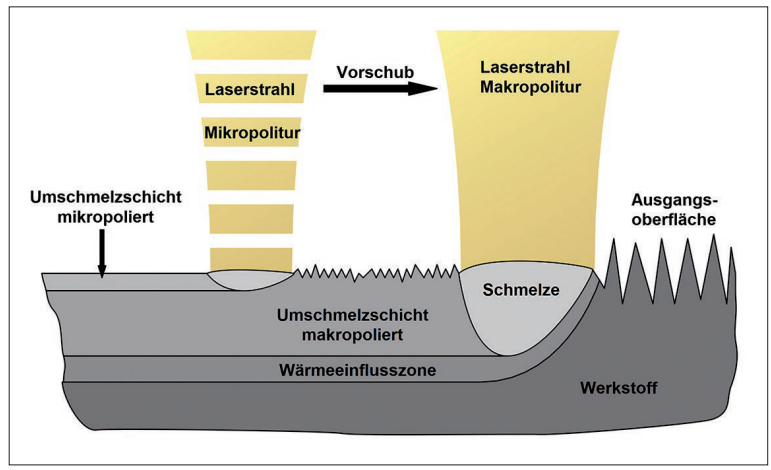


*Abb. 1: Prinzip des Laserstrahlpolierens*

## Prinzip

Das Laserstrahlpolieren ist eine automatisierte Politur durch Umschmelzen der Oberflächenschicht. Im Gegensatz zum klassischen Polieren wird hier kein Materialabtrag erzeugt. Dabei erfolgt die Glättung der Oberfläche durch den Materialtransport in der flüssigen Phase von den Höhen zu den Tälern durch Wirken der Oberflächenspannung. Die erreichten Umschmelztiefen liegen je nach Prozess bei bis zu 100 µm. Es werden das Makropolieren und das Mikropolieren unterschieden. Beim Makropolieren wird unter Verwendung eines cw-Lasers mit großem Fokusdurchmesser ein tiefer Bereich aufgeschmolzen, um große Unebenheiten, wie z. B. Frässpuren, zu beseitigen. Beim darauffolgenden Mikropolieren werden mit einem gepulsten Laser und geringerer Leistung nur noch sehr oberflächennahe Schichten aufgeschmolzen, um eine geringe Rauheit der Oberfläche zu erzeugen (Abb. 1).

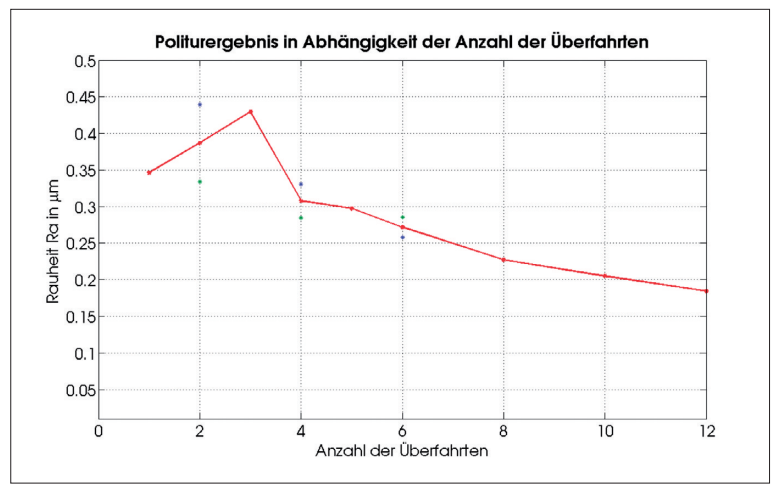


*Abb. 2: Verringerung der Rauheit bei Mehrfachüberfahrten*

## Ergebnisse

Erste Untersuchungen zeigten, dass die Bearbeitung zwingend unter Schutzatmosphäre durchgeführt werden muss, um eine Oxidation der zu bearbeitenden Fläche an Luft zu verhindern.

Nach einem Test verschiedener Konzepte und Schutzgase fiel die Wahl auf die Nutzung einer Prozesskammer, die im Projekt entwickelt und nachfolgend für alle Untersuchungen mit Argon geflutet verwendet wurde. Durch Untersuchungen des Makropoliturprozesses am Faserlaser Rofin FL-X50 und dem Werkzeugstahl 1.2343 konnten Verbesserungen der Oberflächenrauheit erreicht werden.

**Projektleiter:**
Prof. Dr.-Ing. Jens Bliedtner
FB SciTec

**Mitarbeiter:**
M.Eng. M. Uebel, Dipl.-Ing. M. Möhwald

**Kontakt:**
✉ jens.bliedtner@fh-jena.de
☎ (03641) 205 444

**Laufzeit und Fördermittelgeber:**
Juli 2013 bis März 2015; gefördert mit Mitteln des Freistaates Thüringen und der EU (EFRE)

**Forschungspartner:**
Technische Universität Ilmenau; 3D Schilling GmbH Sondershausen (Oberspier); Ilmenauer Laserzentrum GmbH, Ilmenau

Auch durch mehrmaliges Überfahren der zu bearbeitenden Fläche kann die Rauheit noch einmal verringert werden (Abb. 2).
Bei 12 Überfahrten wird sogar eine Reduzierung der Rauheit im Vergleich zur ersten Überfahrt um 50 % erreicht. Insgesamt treten Verbesserungen der Rauheitswerte um etwa Faktor 4 im Vergleich zur Ausgangsrauheit auf. Der Vergleich unterschiedlich vorbearbeiteter Flächen durch Fräsen, Schleifen und Erodieren hat keine signifikante Auswirkung auf das Politurergebnis. Allerdings zeigen sich in Abhängigkeit des verwendeten Materials auch einige unerwünschte Effekte, die im weiteren Projektverlauf noch minimiert werden sollen. So entsteht im Moment bei der Makropolitur noch eine geringfügige Welligkeit aufgrund nicht optimaler Oberflächenspannungsparameter. Bei zwei der untersuchten Materialien (1.2311 und 1.2767) können chargen- und oberflächenabhängig bei der Laserstrahlpolitur Mikokrater entstehen. Diese Krater haben Tiefen von etwa 10 bis 17 µm und lassen sich durch anschließende Polierprozesse nur schwer beseitigen. Die Ursache hierfür ist in Verunreinigungen des Materials zu sehen. Durch unterschiedliche Schmelz- und Verdampungstemperaturen gegenüber dem Grundmaterial kommt es hier zu selektivem Verdampfen und somit zu verbleibenden Vertiefungen. Die Verunreinigungen sind chargenabhängig, es konnten an den genannten Materialien auch Polituren ohne Kraterbildung durchgeführt werden (Abb. 3).

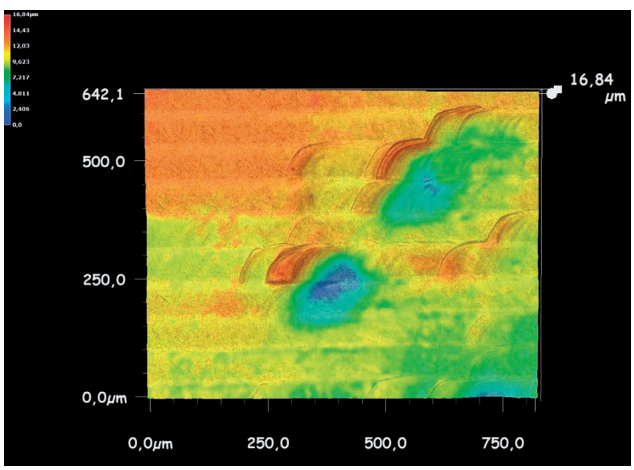


*Abb. 3: Mikrokrater nach Bearbeitung, Tiefe ca. 14 µm*

*Abb. 4: Querschnitt einer makropolierten Probe*

Härteprüfungen des Materials sowohl an der Oberfläche als auch im Querschnitt (Abb. 4) konnten eine geringfügige Verringerung der Härte nachweisen.
Die auf die Makropolitur folgende Mikropolitur führt noch einmal zur Verbesserung der Rauheitswerte. Eingesetzt wurden dafür zwei verschiedene Laserquellen mit Nanosekundenpulsen. Hier kann bedingt durch die nur sehr kleine Eindringtiefe gezielt die Rauheit verbessert werden, ohne die zuvor erzeugte Makrostruktur zu beeinflussen. Auch spielen hier verschiedene Materialzusammensetzungen und Verunreinigungen im Werkstoff keine Rolle, die Bearbeitung ist materialunabhängig. So konnten die Rauheitswerte

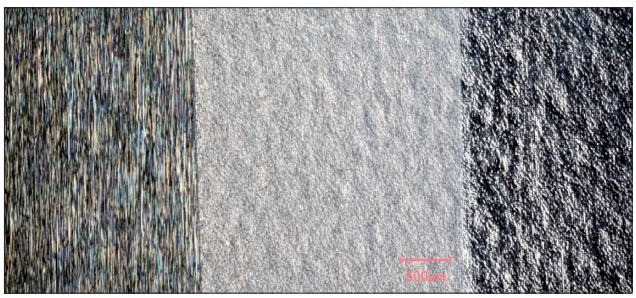

*Abb. 5: Flächen geschliffen (links), makropoliert (Mitte), mikropoliert (rechts)*

im Mikropoliturprozess noch einmal um Faktor 2 verbessert werden, ein Ra von 0,095 µm wurde erreicht (Ausgangsrauheit etwa 1 µm vor dem Makropolieren).
Abbildung 5 zeigt eine bearbeitete Probe im Rohzustand geschliffen (links), makropoliert (Mitte) und mikropoliert (rechts). Zu sehen sind die Erhöhung des Glanzgrades der mikropolierten Fläche und die noch nicht ganz zu vermeidende Welligkeit, die bei der Makropolitur entsteht.
Des Weiteren wird im Forschungsprojekt eine Anlage zur Laserpolitur aufgebaut. Dabei kommt ein neuartiger, im Projekt entwickelter Piezoscanner zum Einsatz. Eine zurzeit vorgenommene Weiterentwicklung soll den Scanner im Laserprozess hinsichtlich Prozessgeschwindigkeit und Präzision weiter optimieren.

## Zusammenfassung

Es konnte bisher im Forschungsprojekt gezeigt werden, dass die Laserstrahlpolitur die Oberflächenqualitäten erhöht. Dazu sind zwei Prozessschritte notwendig: zuerst die Makropolitur, um grobe Oberflächenstrukturen zu entfernen, dann die Mikropolitur um die Rauheit noch weiter zu verringern. Insgesamt konnten Verbesserungen der Rauheitswerte von etwa Faktor 8 bis 10 erreicht werden. Im weiteren Projektverlauf wird die Minimierung der Kraterbildung und der Welligkeit angestrebt sowie die Prozessgeschwindigkeit effizienter gestaltet.

**Projektseite:** www.eah-jena.de/ag-bliedtner