

# Volumetrischer 3D-Druck zur Herstellung von polymeren Freiformlinsen

Freiformlinsen sind optische Elemente mit einer nicht rotations-symmetrischen Oberfläche. Zumeist ist die geometrische Form komplex, wodurch in der Anwendung z. B. komplexe Lichtfelder erzeugt oder Abbildungsfehler minimiert werden können. Badbasierte Photopolymerisationsverfahren überzeugen durch höchste Genauigkeit und Oberflächengüte und stellen eine kostengünstige Alternative zu konventionellen Herstellungsprozessen von Freiformlinsen dar. Während in schichtbasierten Stereolithographieverfahren häufig optische Defekte an den Grenzschichten entstehen, wird diese Fehlerquelle im volumetrischen 3D-Druck durch kontinuierliche Prozessführung vermieden.

## Anlagentechnik und Prozessführung

Der Ausgangsstoff für den volumetrischen 3D-Druck sind fließfähige Photoharze in Glasküvetten. Ein 2-Wellenlängen-Photoinitiatorsystem ermöglicht die räumliche Kontrolle des Polymerisationsgeschehens. Die Polymerisation findet dabei ausschließlich in den Überlagerungsbereichen eines 2D-Laserlichtschnitts der ersten aktivierenden Wellenlänge ( $\lambda = 405 \text{ nm}$ ) und dem zum Lichtschnitt orthogonal angeordneten 2D-Bild eines Flächenbelichters des zweiten polymerisierenden Wellenlängenspektrums ( $\lambda = 500\text{--}700 \text{ nm}$ ) statt. Das ermöglicht eine quasikontinuierliche In-Volumen-Bearbeitung. Die Herstellung von Bauteilen in der Größenordnung einiger Zentimeter

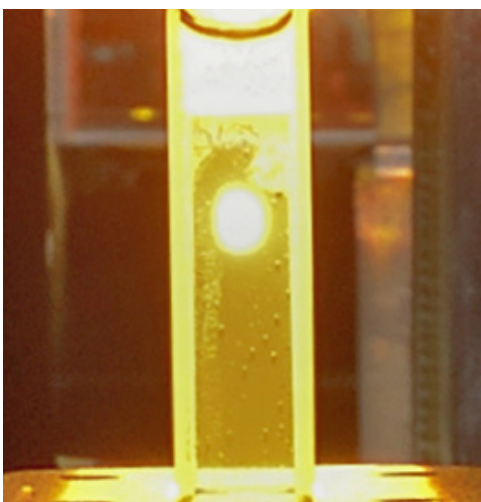
ist innerhalb weniger Minuten möglich und somit um das 3- bis 10-fache schneller als schichtbasierte stereolithographische Herstellungsverfahren. Entscheidend für die Druckgeschwindigkeit sind das eingesetzte Photoharz, dessen Viskosität und Reaktivität sowie die Absinkgeschwindigkeit der Bauteile in der Küvette. Diese mannigfaltigen Prozessparameter erschweren eine In-situ-Prozessentwicklung.

## Ex-situ-Charakterisierung der Photoharze

Um einerseits die Eignung neuer Materialformulierungen für den volumetrischen 3D-Druck zu ermitteln und andererseits Materialentwicklungszyklen zu beschleunigen, wurde am Fraunhofer ILT ein Charakterisierungsverfahren entwickelt. Hierzu ist ein Rheometer mit einer 2-Wellenlängen-Belichtungseinheit zur Untersuchung der Absinkgeschwindigkeit, Reaktivität und Viskosität von Photoharzen ausgestattet worden. Damit kann ein Prozessfenster definiert und die In-situ-Prozessentwicklung neuer Materialien deutlich beschleunigt werden.

Die Arbeiten wurden in einem Kooperationsprojekt des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) unter dem Förderkennzeichen KK5099507BRO durchgeführt.

*Autor: Maximilian Flesch M. Sc.,  
maximilian.flesch@ilt.fraunhofer.de*



*1 Belichtung beim volumetrischen 3D-Druck.*