

## Projekt

Koordinator:

Prof. Dr. Harald Giessen  
4. Physikalisches Institut  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 57  
70569 Stuttgart  
Tel.: 0711 / 6856 5111  
E-Mail: giessen@physik.uni-stuttgart.de

Projektvolumen:

2,2 Mio € (Förderquote 74,3%)

Projektlaufzeit:

01.07.2016 - 31.03.2022

Projektpartner:

- Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart
- Nanoscribe GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen
- Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen

## Komplexe 3D-gedruckte Mikro-Abbildungssysteme

### Das Fundament der Photonik von Übermorgen

Die Grundlagenforschung stößt in ihrem unermüdlichen Tun auf immer neue Phänomene und Effekte die auf der Wechselwirkung des Lichts mit Materie beruhen. Für die jeweilige Grenze experimentell gewonnenen Wissens gilt dabei im Allgemeinen, dass sie auch den aktuellen Stand des technischen Vermögens definiert, solche Effekte und Phänomene überhaupt beobachtbar zu machen. Entsprechend sind die jeweiligen Experimente regelmäßig mit einem hohen Aufwand an Personal und Material verbunden.

Werden nun unter den vielen von der Forschung hervorgebrachten Erkenntnissen solche identifiziert, die ein hohes Potenzial für konkrete technische Anwendungen versprechen, so sind fast immer erhebliche Entwicklungsarbeiten erforderlich, um das im Labor beobachtete Phänomen in einer effizienten, d.h. insbesondere in einer bezahlbaren Weise für eine möglichst große Anzahl technischer Anwendungen nutzbar zu machen.

Die Projekte der Bekanntmachung „Photonik Plus – Neue optische Basistechnologien“ haben zum Ziel, Arbeiten zu solchen Erkenntnissen der optischen Grundlagenforschung zu unterstützen, die bisher nicht oder nur unterkritisch für eine praktische Anwendung erschlossen werden konnten.

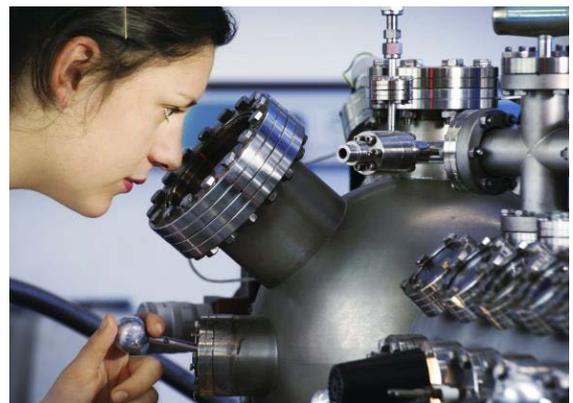


Bild 1: Neue optische Effekte erfordern zu Ihrer erstmaligen Beobachtung regelmäßig einen weit höheren Aufwand, als er für eine praktische Anwendung vertretbar wäre.  
(Quelle: iStock/ Maartje van Caspel)

## Flexible Fertigung optischer Komponenten mittels 3D-Mehrphotonen-Lithographie

Der 3D-Druck von Polymeren mittels Laserlithographie erlaubt auch die Herstellung optischer Komponenten. Da es sich beim 3D-Druck jedoch um ein serielles und damit im Vergleich zum etablierten Spritzgießen relativ langsames Verfahren handelt, hat es sich bisher zur Herstellung von Kunststoffoptiken nicht durchgesetzt, wiewohl es einige Anwendungsfälle gibt, in denen es bereits genutzt wird. Im vorliegenden Projekt soll der 3D-Druck für die Herstellung komplexer miniaturisierter Optiken genutzt werden, die mittels Spritzgießen oder anderen etablierten Verfahren entweder gar nicht oder nur sehr aufwändig herzustellen sind. Auf diesem Wege werden neue Anwendungen für diese Technik erschlossen und es soll insbesondere der Fertigung anspruchsvoller optischer Komponenten zum Durchbruch verholfen werden.

Das Funktionsprinzip des 3D-Drucks beruht darauf, dass in einer geeigneten flüssigen Ausgangsmaterial (dem Lithographie-Resist), mittels eines schnell bewegten Laserstrahls eine chemische Reaktion (die Polymerisation) jeweils an dem Ort stattfindet, an dem sich der Laserstrahl gerade befindet. Durch diese Polymerisation verfestigt sich die Flüssigkeit zum Kunststoff, so dass durch entsprechende scannende Bewegungen des Laserstrahls das gewünschte Objekt schichtweise aufgebaut werden kann.

Der 3D-Druck ist immer dann das Mittel der Wahl, wenn seine immanenten Vorteile zum Tragen kommen. Dies erwartet man insbesondere für die Herstellung von komplexen Mikrooptiken und solchen Systemen, die auf konventionellem Wege entweder gar nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zu fertigen sind. Für solche Mikrooptiken mit Abmessungen zwischen  $10\mu\text{m}$  und  $1\text{mm}$  eröffnet der 3D-Druck völlig neue Design- und Anwendungsmöglichkeiten. So lassen sich mit hoher Genauigkeit gleich ganze Optiksyste me monolithisch aufbauen, sogar unter Einschluss von leeren oder mit Flüssigkeit gefüllten Kavitäten. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass anspruchsvolle Oberflächen, wie z.B. optische Fasern oder auch Nadelspitzen, direkt mit der Optik bedruckt werden können – die aufwändige Montage und Justage der Optik entfällt.

## Höchste Abbildungsqualität für miniaturisierte Endoskope

Die Möglichkeit, qualitativ hochwertige Optiken direkt auf Glasfasern zu drucken, eröffnet neue Perspektiven für die Miniaturisierung endoskopischer Systeme. Diese könnten weiter verkleinert werden, so dass sie auch zur Inspektion von Hohlräumen unter  $2\text{mm}$  Durchmesser eingesetzt werden können, die bislang aufgrund ihrer geringen Größe nicht in der erforderlichen Genauigkeit untersucht werden konnten, aber von hoher medizinischer Relevanz sind. Die Anforderungen an die Qualität der für solche Systeme erforderlichen Komponenten sind beträchtlich und werden von den heute verfügbaren 3D-Druckern nicht erreicht. Es müssen Freiformdesigns mit einer Formtreue von besser als einem Viertel der Wellenlänge, also etwa  $200\text{nm}$  hergestellt werden. Des Weiteren müssen zusätzliche Funktionalitäten, wie diffraktive Strukturen und Entspiegelungen aufgebracht werden, soll die erforderliche Abbildungsqualität erzielt werden.

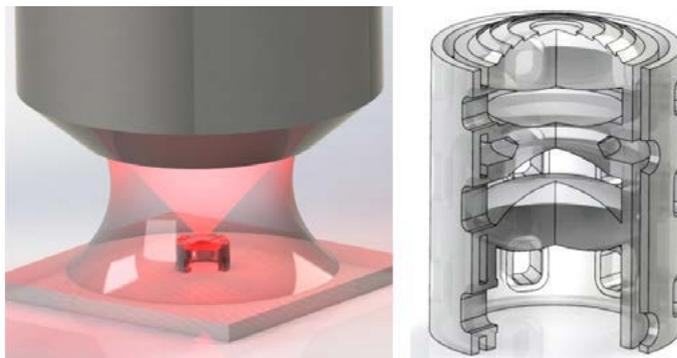


Bild 2: 3D-Druck mittels 2-Photonen-Lithografie. Links: Femtosekunden-Laserbelichtung im Dip-In-Verfahren. Rechts: Modell eines dreilinsigen Optiksyste ms mit diffraktivem Element (Quelle: Universität Stuttgart)

Das Herstellungsverfahren muss einerseits die hohen Anforderungen an die Qualität der jeweiligen Komponenten erfüllen, gleichzeitig aber noch schneller und flexibler werden.

Im Vorhaben soll zunächst demonstriert werden, dass das Verfahren des 3D-Drucks dazu geeignet ist, endoskopische Systeme einschließlich der Beleuchtungsoptiken in der erforderlichen Qualität zu erzeugen und es darüber hinaus möglich ist, das Verfahren als solches soweit zu verbessern, dass sich mit diesem die Optiken wirtschaftlich herstellen lassen.

Weitere Untersuchungen im Projekt befassen sich mit der Identifizierung von Anwendungsmöglichkeiten jenseits der Endoskopie, wie etwa in der Messtechnik.