



## Prozesskette zur Faltmontage für miniaturisierte komplexe Optiksyste

Dipl.-Ing. Sebastian Sdrenka<sup>1,2</sup>, B.Sc. Karl Stein<sup>1,2</sup>, B.Sc. Mahmoud Sabiha<sup>1,3</sup>, Marlon Schulz<sup>1,2</sup>, Dr. Heinrich Gröger<sup>3</sup>, Prof. Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>TU Clausthal, Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik, Agricolastraße 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, EU  
<sup>2</sup>TU Clausthal, Clausthaler Zentrum für Materialtechnik, Leibnizstraße 9, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Deutschland, EU  
<sup>3</sup>Fraunhofer Institut für Photonische Mikrosysteme, Maria-Reiche-Straße 2, 01109 Dresden, Deutschland, EU

### Ziel

Realisierung eines dreidimensionalen Körpers für komplexe Optiksyste hergestellt aus planaren Substraten in einer Faltmontagetechnik.

### Motivation

Die Faltmontagetechnik ermöglicht eine einfache Herstellung der Grundkörper im volumentauglichen Spritzgussverfahren für hohe Stückzahlen und die hochpräzise Bestückung mit optischen Elementen in der Ebene. Das 3D-Kamerasystem wird anschließend gefaltet.

### Faltsysteme

Das Prinzip der Faltmontage basiert auf der Origami-Technik. Der Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit konnte mittels additiver Fertigungstechnologien und Versuchen im Spritzguss bereits erfolgreich evaluiert werden, mit dem Ergebnis funktionsfähiger optischer Demonstrator-Systeme.

Die enorme Bandbreite an verfügbaren Druckverfahren, -materialien und -systemen bietet viele Möglichkeiten die Konzepte zur Faltmontage erfolgreich umzusetzen.



Abb.: Demonstrator für ein gefaltetes Spektrometer; IPMS



Abb.: CAD-Design des Gehäuses; IPMS

### Modellierung der Biegekante

- Zunehmender Trend für miniaturisierte optische Systeme
- Hohe Anforderungen an die positionsgenaue Fixierung nach dem Faltvorgang
- Selbstständige Bildung des Strahlengangs durch optische Funktionselemente
- Herstellung erfordert eine extrem hohe und reproduzierbare Genauigkeit für den Strahlengang bei entsprechenden Stückzahlen
- Verfahren muss für verschiedene Systemgrößen skalierbar sein

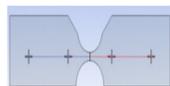


Abb.: Biegung am Probekörper 0°; PUK



Abb.: Biegung am Probekörper 60°; PUK

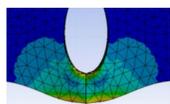


Abb.: Spannungsverteilung an Biegekante; PUK

### Realisierung mittels Stereolithografie

- Herstellung von planaren Substraten mit präzisionsfertigen Optiken im 3D-Druck Verfahren
- Polymerisation von photoreaktiven Polymer durch Laser
- Darstellung und Genauigkeit über Auflösung mit Dreiecksfacetten
- Stützstrukturen von Geometrie abhängig
- Dreidimensionale Präzisionsmontage durch Falten des Optikkörpers
- Optionale Nachbearbeitung in Abhängigkeit zu Modell und Verfahren notwendig

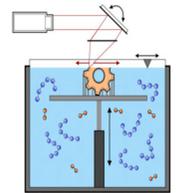


Abb.: Stereolithografie und der Polymerisationsreaktion; PUK



Abb.: STL Modell Kugel 520.000 Dreiecksfacetten; PUK



Abb.: STL Modell Kugel 2300 Dreiecksfacetten; PUK

### Ergebnisse für Abbildungsgenauigkeit im 3D-Druck

- Aktuell unzureichende Abbildungsgenauigkeit
- Begrenzung durch Präzision, mechanische Eigenschaften, Oberflächenqualität, Stückzahl, Darstellung von Mikroelementen an Oberfläche
- Verbesserung des Funktionsspektrums durch optische Funktionsflächen und passgenauen Strukturen
- Bessere Abbildungspräzision möglich durch ein wachsendes Spektrum an Verfahren und Geräten
- Derzeit Stückzahlen zu gering
- Reproduzierbarkeit zu unsicher an unterer Abbildungsgrenze



Abb.: Probekörper Seitenansicht; PUK



Abb.: Probekörper Draufsicht; PUK



Abb.: Seitensicht vergrößert; PUK

### Ergebnisse für Herstellung im Spritzguss

- Ausreichend Optionen um eine Faltmontage für optische Systeme zu realisieren, hier am Beispiel eines vereinfachten Modells
- Substrat aus Polypropylen hergestellt
- Substrat mehrfach ohne Bruch knickbar
- Biegekanten erzeugen sichtbare Überbeanspruchung (Weißbruch)
- Keine besondere Auffälligkeit bei mikroskopischer Untersuchung von Filmschanieren
- Genauere Betrachtung der Dimensionsstabilität erforderlich
- Integration von optischen Funktionsflächen möglich



Abb.: Modellierung der Biegestruktur; PUK



Abb.: Spritzgießwerkzeug; PUK



Abb.: Fertiges Bauteil; PUK

### Zusammenfassung

- Hohes Potenzial der Kombination aus Mikrospritzguss und Faltmontage
- Optimierung und intensive Forschungsarbeit für die komplexen Ansprüche an das Bauteil nötig
- Spritzguss ermöglicht hohe Abbildungsgenauigkeit bei entsprechenden Stückzahlen

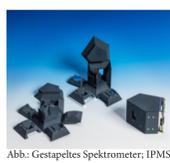


Abb.: Gestapeltes Spektrometer; IPMS



Abb.: Integration in Mobiltelefon; IPMS

### Ausblick

- Weitere Untersuchungen für optische Eigenschaften und Stabilität erforderlich
- Höhere Genauigkeit durch sich stetig weiter entwickelnde Herstellungstechnologien
- Vielfältige Applikationen für optische Faltsysteme



Abb.: Anwendung für mobile Lebensmittelanalyse; IPMS



Abb.: Datenverarbeitung Multispektralkamera; IPMS

### Partner und Förderer



### Danksagung

Ein großer Dank geht an alle Förderer und Unterstützer des Projektes ProFamOS

