

Additive Fertigung und Analyse von Flüssiglinsen

Tobias Novak*, Andreas Heinrich**

*Zentrum für optische Messtechnik, Hochschule Aalen

**Zentrum für optische Messtechnik, Aalen

<mailto:Andreas.Heinrich@hs-aalen.de>

1 Einführung

Flüssiglinsen werden bereits in vielen Anwendungen eingesetzt. Eine konventionelle Flüssiglinsen besteht dabei z.B. aus einer dünnen Membran, die ein Ölreservoir einschließt. Erhöht man nun durch einen externen Anschluss den Druck auf das Ölreservoir, kommt es zu einer Wölbung der Membranlinse und damit zu einer Verschiebung der Fokuslage. Von den Randbereichen abgesehen, ist dabei die Wölbung der Membran i.d.R. sphärisch.

Auch mit Hilfe der additiven Fertigung können Flüssiglinsen realisiert werden. Der wesentliche Vorteil ist dabei, dass die Membran zusätzlich mit z.B. Stegen oder anderen mechanischen Strukturen kombiniert werden kann und das gesamte System in einem einzigen Fertigungsschritt leicht hergestellt werden kann. Werden solche 3D gedruckte Membranlinsen mit Öl gefüllt und der Öldruck variiert, ergibt sich statt einer sphärischen Wölbung der Linse ein asphärische Wölbung, welche durch die zusätzlichen mechanischen Strukturen definiert bzw. vorab eingestellt werden kann.

2 Das Multi-Jet-Modeling-Verfahren

Als additives Fertigungsverfahren kommt hier das Multi-Jet-Modeling-Verfahren zur Anwendung (Keyence Agilista). Dieses basiert auf schichtweisem Auftragen von flüssigem Kunststoff mit einer vertikalen Auflösung von 15 µm. Hierbei werden zwei unterschiedliche Materialien verwendet: Das Material AR-M,2 welches als Baumaterial der optischen Komponente dient und das Supportmaterial AR-S2. Da letzteres wasserlöslich ist, können so Hohlräume realisiert werden. Nach jedem Auftragen wird die Schicht über eine Walze nivelliert und anschließend durch globale UV-Strahlung ausgehärtet.

3 Konzept

Für die Flüssiglinsen werden zunächst drei unterschiedliche Typen hergestellt. Dabei sind zwei rotationssymmetrische Strukturen in Form eines Kreises und eines Punktes erstellt worden. Als weitere Struktur wurden sternförmig angeordnete

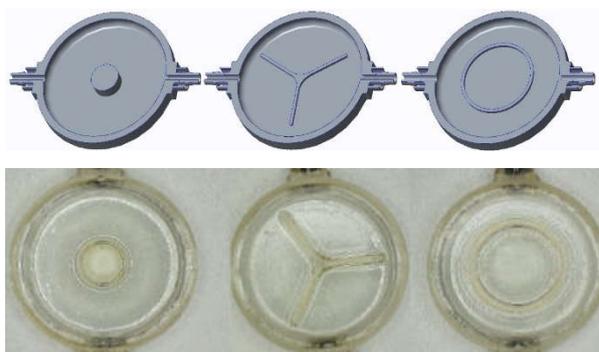


Abbildung 1: oben: horizontaler Schnitt durch die 3 realisierten Flüssiglinsenstrukturen. Unten: gedruckte Flüssiglinsen (Durchmesser ca. 25mm).

mechanische Stege realisiert. Die Strukturen werden hierbei an die Membran angebracht und reichen bis zur halben Breite des Hohlraumes. Eine Ausnahme stellt die Punktstruktur dar, diese verläuft durch den gesamten Hohlraum der Flüssiglinsen und ist mit der Rückseite der Linse verbunden (s. Abbildung 1).

4 Formvermessung

Die gefertigten Flüssiglinsen wurden nach dem Druck über Streifenprojektion hinsichtlich ihrer Form vermessen und anschließend mit dem CAD-Modell abgeglichen. Alle Flüssiglinsen wiesen hierbei eine negative Abweichung der Membran auf. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der Flüssiglinsen. Von links nach rechts sind Punkt-, Stern- und Kreisstruktur dargestellt. Dunkelblau stellt eine Abweichung vom CAD Modell von -0.5mm dar.

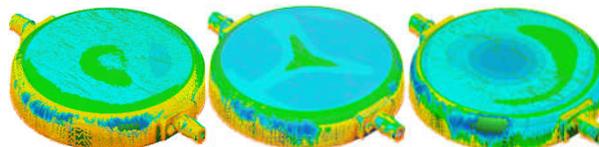


Abbildung 2: Abgleich der gedruckten Linse mit dem CAD Modell

5 Oberflächenuntersuchung

Im weiteren Schritt wurde die Oberfläche der gedruckten Flüssiglinsen untersucht. Die Messungen wurden über Weißlichtinterferometrie vor und nach einer Oberflächenpolitur durchgeführt. Das Ergeb-

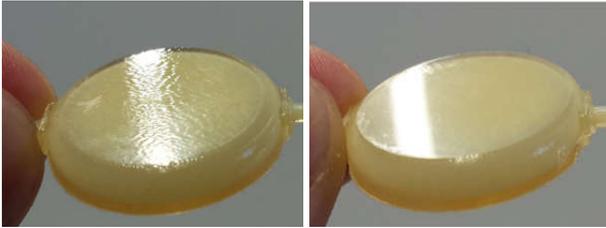


Abbildung 4: Flüssiglinse (inkl. Supportmaterial im Innenraum) vor (links) und nach der Oberflächenpolitur (rechts)

nis war hierbei, dass der fertigungsbedingte R_a -Wert von 374 nm mit Hilfe einer Politur und Lackierung auf 37 nm verringert werden konnte. Dies ist auch optisch auszumachen (s. Abb. 4).

6 Beschreibung der Membranverformung

Für die Beschreibung der Membranverformung unter Druck wurden zunächst mit Hilfe der Streifenprojektion Daten aus der realen Verformung generiert. Dazu wurde die Verformung bei unterschiedlichen Drücken vermessen. Anschließend wurde über kubische B-Splines Fitkurven an die zuvor generierten Daten gelegt. Die Fitkurven verhalten sich hierbei entsprechend ihrer Kontrollpunkte, besitzen jedoch immer dieselben Basisfunktionen. Die Kontrollpunkte gleicher Indizes der verschiedenen Fitkurven wurden daraufhin über ein Polynom beschrieben. Werden nun Basisfunktionen und Polynome der Kontrollpunkte zusammengefügt ergibt sich eine Fit-Kurve die sowohl eine Abschnittsabhängigkeit auf der Abszisse, als auch eine Druckabhängigkeit aufweist.

7 Verzeichnisauswertung

Für eine erste optische Auswertung wurden die Verzeichnungen der Flüssiglinsen untersucht. Hierzu wurden Aufnahmen eines Schachbrettmusters bei keinem angelegten Druck, sowie angelegtem maximal Druck erstellt. Anschließend wurde eine horizontale und vertikale Intensitätsauswertung der Pixel im Binärbild durchgeführt. Dabei wurden die Vergrößerungen in vier Zonen betrachtet. Abbildung 5 zeigt die Richtung der Pixelauswertung sowie die vier Zonen im Binärbild bei einer

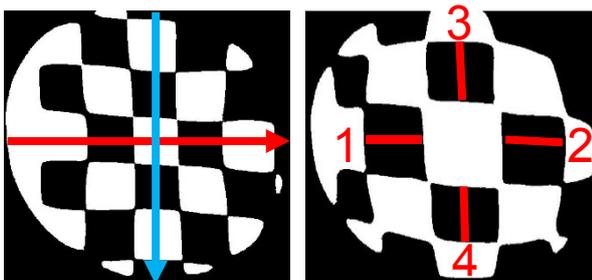


Abbildung 4: Auswertung der Verzeichnung

Flüssiglinse mit Kreisstruktur. Aus den Auswertungen kann anschließend die Vergrößerung bestimmt werden. Im Fall der Kreisstruktur sind diese in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1 Vergrößerung der Kreisstruktur

Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
1,271	1,613	1,298	1,238

8 Optische Simulation

Mit Hilfe der in 6 beschriebenen Fit-Kurve kann ein entsprechendes Modell der Linse erstellt werden und in das Optik-Design Programm übertragen werden (LightTools). Hierbei entspricht die Membranform der Fit-Kurve bei maximalem Druck. Abbildung 6 zeigt das Ergebnis der Simulation für eine Flüssiglinse mit Kreisstruktur. Die Brennweite beträgt 100 mm bei einem Druck von 0,8 bar.

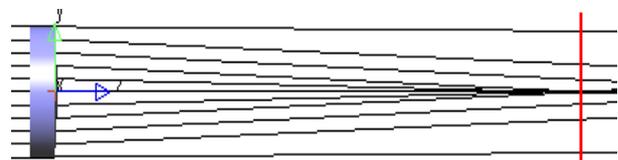


Abbildung 6 Simulation mit der realen Flüssiglinse

Das Ziel ist hierbei, die gemessenen optischen Daten mit Simulationen zu vergleichen. Im Detail wurden dazu Wellenfrontvermessung durchgeführt. Dabei wurde die Flüssiglinse mit Kreisstruktur über einen Shack-hartmann-Sensor bei maximalem Druck von 0,85 bar vermessen. Die Flüssiglinse weist hierbei einen ausgeprägten Astigmatismus ± 90 auf. Die zwei- sowie dreidimensionale Ansicht der rekonstruierten Wellenfront ist in Abbildung 7 gezeigt.

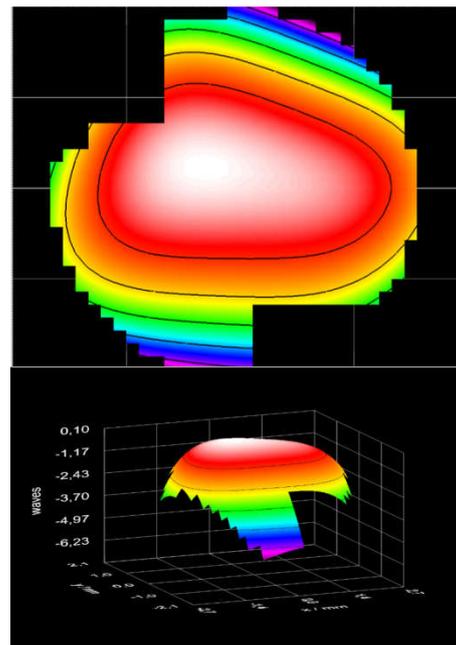


Abbildung 3: Wellenfrontmessung der Flüssiglinse