

Rekonstruktionsangepasste Kennlinienoptimierung räumlicher Lichtmodulatoren

Tobias Haist, Christian Lingel, Malte Hasler, Rudolfo Adler, Wolfgang Osten

Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart

Stuttgart Center of Photonic Engineering (SCOPE), Universität Stuttgart

mailto:haist@ito.uni-stuttgart.de

Die Beugungseffizienz von lichtmodulatorbasierten Hologrammen hängt in komplexer Weise von vielen Faktoren ab (z.B. Fringing Field Effekt, Pulsweitenmodulation, dreidimensionale Geometrie der Zelle). Je nach einzuschreibendem Hologramm ist die Ansteuerung unterschiedlich zu wählen, d.h. eine optimale Ansteuerkennlinie zu finden. Vorgestellt wird ein neues Optimierungsverfahren zur experimentellen Ermittlung entsprechender Kennlinien. Das Verfahren basiert auf einem genetischen Algorithmus und einer hochgradigen Parallelisierung durch einen abbildenden Aufbau.

1 Introduction

Das Verhalten kommerzieller räumlicher Lichtmodulatoren (SLM - spatial light modulator) auf Basis von Flüssigkristallanzeigen ist sehr komplex und nicht exakt durch ein Modell vorhersehbar. Will man einen solchen Lichtmodulator zur gezielten Lichtmanipulation mittels Phasenhologrammen verwenden, ist die entscheidende Größe die Beugungseffizienz des Elements. Diese Beugungseffizienz wird von mehreren Faktoren, z.B. dem Fringing Field Effekt, der Pulsweitenmodulation, dem Füllfaktor, der Quantisierung, der Diskretisierung, beeinflusst [1, 2, 3, 4, 5]. Aufgrund dieser vielfältigen Einflüsse auf die Beugungseffizienz, wird eine neuartige Optimierung der Ansteuerung für beliebige Gitterperioden und Orientierungen von geblazten Gittern auf Basis eines parallelisierten Aufbaus mit genetischer Optimierung realisiert.

2 Messprinzip

Zentral für die Optimierung ist dabei die in Abb. 1 dargestellte Abbildung des LCDs auf eine Kamera (SVS-Vistek eoc204, 1024x768 Pixel, Pixelpitch 4.65 μm).

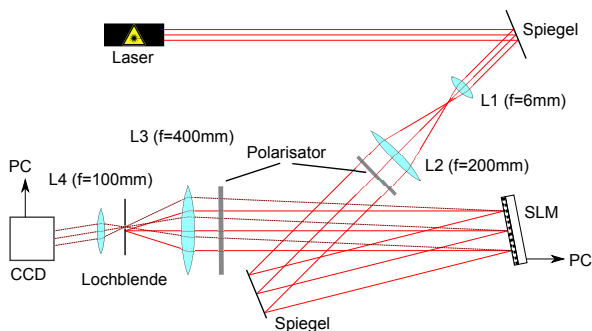


Abbildung 1 Optischer Aufbau

Das SLM (Holoeye Pluto VIS: Auflösung 1920 x 1080 Pixel, Pixelpitch 8 μm , Füllfaktor 87%) wird mit einem aufgeweiteten Laser (HeNe, $\lambda=633\text{ nm}$) beleuchtet und über das Teleskop (L3 und L4) auf die CCD abgebildet. In der Fourierebene zwischen L3 und L4 wird eine Blende eingebracht, die lediglich die gewünschte Beugungsordnung der in das LCD eingeschriebenen beugenden Struktur transmittiert.

Aufgrund dieser Abbildung können nun gleichzeitig 200 verschiedene Gitter mit unterschiedlichen Kennlinien mit einem Kamerabild erfasst werden. Hierzu teilt man das SLM in 200 quadratische Unterbereiche in denen unterschiedliche Kennlinien (für die Beugungsgitter) verwendet werden und dementsprechend ergibt sich für jedes Gitter eine unterschiedliche Beugungseffizienz. Demzufolge wird der dem Unterbereich korrespondierende Bereich im Bild auf der Kamera eine mehr oder weniger hohe Bestrahlungsstärke aufweisen. Der Mittelwert der Bestrahlungsstärke des Bereichs ist proportional zur Beugungseffizienz des Gitters und daher kann dieser Mittelwert direkt als Gütekriterium bei der Optimierung verwendet werden (vgl. Abb. 2).

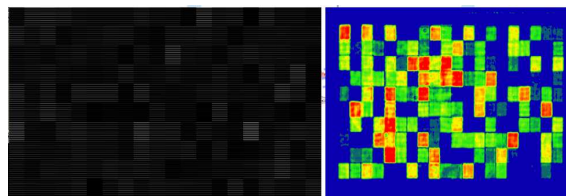


Abbildung 2 Ansteuerung des LCDs und korrespondierendes Kamerabild

3 Genetische Optimierung

Für die eigentliche Optimierung wird ein genetischer Algorithmus verwendet. Von den 200 Kennlinien (Individuen) pro Generation werden nach der Kameraaufnahme die 75 erfolgreichsten Kennlinien weiter

verwendet und als Ausgangspunkt für die nächste Generation, bestehend aus dann mutierten Kennlinien, verwendet. Das Verfahren konvergiert sehr schnell, so dass bereits nach ca. 20 Generationen bzw. Kamerabildern (also 4000 Kennlinien) eine optimale Kennlinie (parametrisiert durch 6 Parameter bestehend aus einer Gammakorrektur mit polynomialer Korrektur) erzielt wird. Es ergibt sich so für jede Gitterstruktur (Orientierung und Periode) eine eigene optimale Kennlinie. Gegenüber der direkten Verwendung einer globalen linearen Kennlinie konnte die Beugungseffizienz um bis zu 25 % gesteigert werden. Kleine Perioden profitieren dabei aufgrund des Fringing Field Effekts am meisten von der Kennlinienoptimierung. Eine Linearisierung nach der Optimierung ergibt immer noch eine Verbesserung im Bereich von ca. 15 % (vgl. Abb. 3).

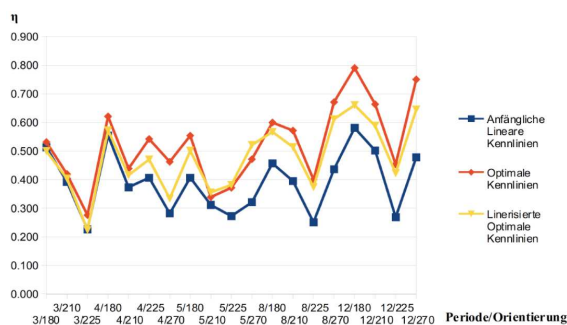


Abbildung 3 Ergebnis

4 Zusammenfassung

Eine individuelle, d.h. an für die Strahlablenkung gewählte Gitter angepasste Kennlinie ist wesentlich

zur Erzielung einer hohen Beugungseffizienz bei der Verwendung von LCDs mit kleinen Pixeln. Für die Optimierung wurde eine Kennlinie mit sechs Parametern verwendet. Zur Beschleunigung der genetischen Optimierung wurde eine starke Parallelisierung durch den Einsatz eines abbildenden Systems mit 200 Unterbereichen eingesetzt.

5 Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung unter dem Projekt DFG OS 111/23-2.

Literatur

- [1] U. Efron, B. Apter, and E. Bahat-Treidel, "Fringing-field effect in liquid-crystal beam-steering devices: an approximate analytical model," *Journal of the Optical Society of America A* **21**(10), 1996 (2004).
- [2] K.-H. Fan Chiang, S.-T. Wu, and S.-H. Chen, "Fringing-Field Effects on High-Resolution Liquid Crystal Microdisplays," *Journal of Display Technology* **1**(2), 304–313 (2005).
- [3] M. Persson, D. Engström, and M. Goksör, "Reducing the effect of pixel crosstalk in phase only spatial light modulators," *Optics Express* **20**(20), 22,334 (2012).
- [4] S. Zwick, T. Haist, M. Warber, and W. Osten, "Dynamic holography using pixelated light modulators," *Appl. Opt.* **49**(25), F47–F58 (2010).
- [5] T. Haist, S. Zwick, M. Warber, and W. Osten, "Spatial light modulators – versatile tools for holography," *J. Holography Speckle* **3**(2), 125–36 (2006).