

Forschungsergebnisse

# Optische 3D-Sensorsysteme für mobile Anwendungen

der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

## Kompakte multispektrale Lichtfeldkamera

**Prof. Michael Heizmann**  
**Maximilian Schambach**

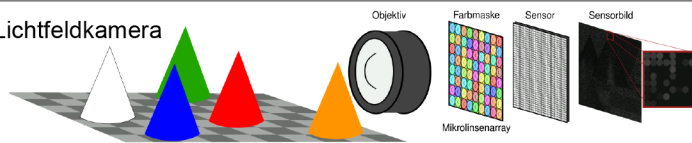
Institut für Industrielle Informationstechnik (IIT)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Email: michael.Heizmann@kit.edu

**Prof. Uli Lemmer**  
**Qiaoshuang Zhang**

Lichttechnisches Institut (LTI)  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Email: uli.lemmer@kit.edu

### Ziele

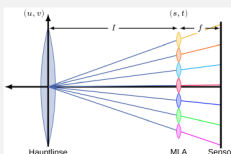
- Design und Prototypisierung einer kompakten multispektralen Lichtfeldkamera mit spektral codiertem Mikrolinsenarray (MLA)
- Rekonstruktion aus codierten Messungen
- Tiefeninformation, spektrale Information



### Systemmodellierung, Design und Analyse

#### Modellierung und Simulation

- Kameramodell
- Lichtfeldkamera mit spektral codiertem Mikrolinsenarray
- Sog. *focused Design*

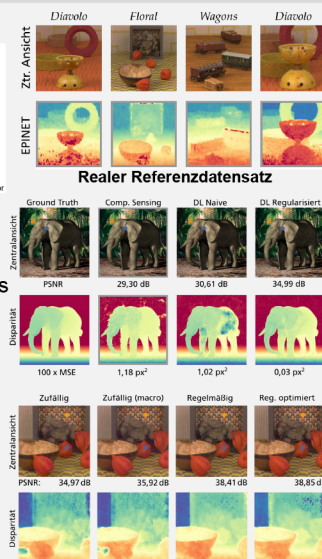


#### Rekonstruktionsalgorithmen

- Rekonstruktion mittels Compressed Sensing
- Volle Rekonstruktion des spektralen Lichtfelds
- Rekonstruktion mittels Deep Learning
- Rekonstruktion der Zentralansicht und der Disparität
- Interpretation als spektrale Tiefenkamera (snapshot, monokular)

#### Optimierung der Codierungsmaske

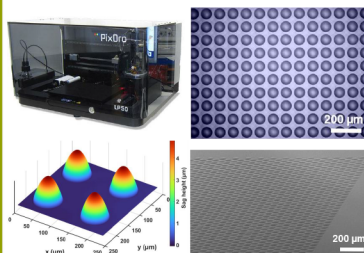
- Verschiedene Codierungsmasken untersucht
- Zufällige oder regelmäßige Codierung
- End-to-end Optimierung



### Experimentelles Design und Entwicklung

#### Herstellung des MLA

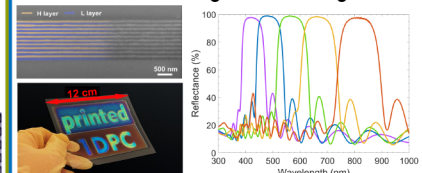
- Tintenstrahl Druck (*Inkjet printing*)
- Drucken optischer Tinten mittels piezoelektrischem Transducer
- Linienform bestimmt durch Oberflächenenergie des Substrats
- Oberflächenenergie des Substrats
- Oberflächenspannung der Tinte
- Geeignete SU-8 Tinte entwickelt
- Optimierte Druckparameter
- Durchmesser 50  $\mu\text{m}$  – 70  $\mu\text{m}$
- Höhe 5  $\mu\text{m}$  – 10  $\mu\text{m}$



#### Herstellung der optischen Filter

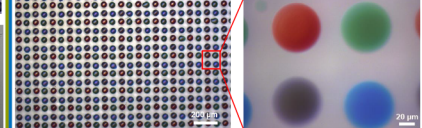
##### Tintenstrahl Druck (*Inkjet printing*)

- Dielektrische Stacks
- Filterung basierend auf mehrschichtiger Interferenz
- Abwechselnd gestapelte Schichten mit hohem und niedrigem Brechungsindex



##### Farbstoffe

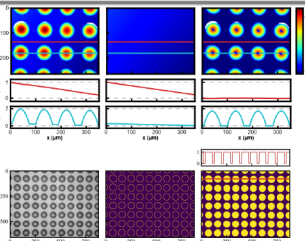
- Filterung basierend auf Lichtabsorption



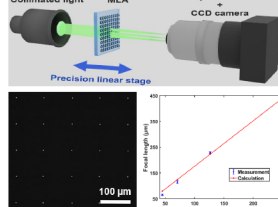
### Integration und Validierung

#### Validierung des MLA

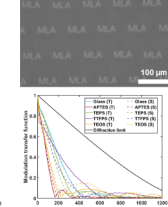
- Messung mit Lichtmikroskop und Konfokalmikroskop
- Automatische Bewertung der MLA Güte
- Gitterhomogenität, Form und Güte der einzelnen Mikrolinsen
- Optische Charakterisierung
- Brennweitenmessung
- Abbildungstest



#### Brennweitenmessung

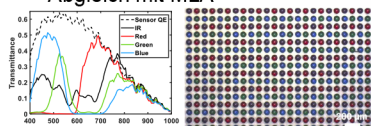


#### Abbildungstest



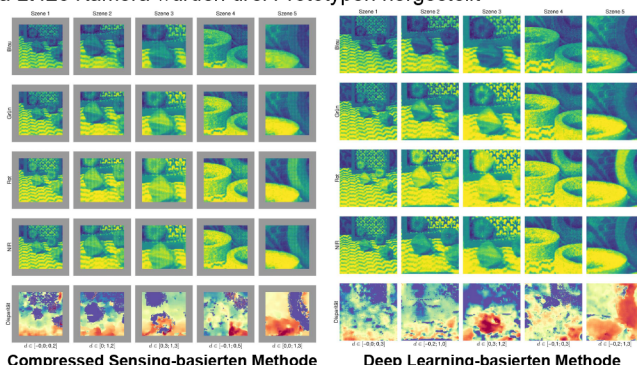
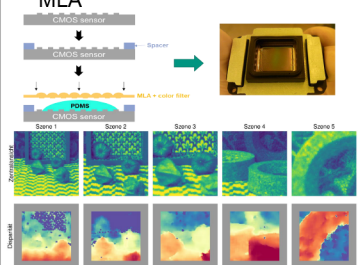
#### Validierung der Farbfilter

- Vier Farbk채n채le: R, G, B, IR
- Integrale Lichtintensit채t
- Abgleich mit MLA



### Herstellung und Validierung des Gesamtsystems

- Auf Basis der gewählten Lumenera Lt425 Kamera wurden drei Prototypen hergestellt
- ein Prototyp mit MLA ohne Farbkodierung
- zwei Prototypen mit farbkodiertem MLA



### Publikationen & Patente

- Q. Zhang et al., Advanced Optical Materials (in Druck)
- Q. Zhang et al., Advanced Materials (in Druck)
- M. Schambach et al., International Conference on 3D vision (oral, 2021)
- M. Schambach et al., RADAR4KIT (2021)
- M. Schambach et al., tm – Technisches Messen (2021)
- M. Schambach et al., IEEE Access (2020)
- M. Schambach et al., IEEE Dataport (2020)
- M. Schambach et al., Forum Bildverarbeitung (2020)
- Q. Zhang et al., Patent eingereicht