Institut für Sicherheitsforschung
Safety and Security Research Institute

Hochschule Bonn-Rhein-Sieg
University of Applied Sciences
Graduate Institute

Entwurf, Herstellung und Verifikation von angepassten Strahlformern für aktive 3D-Messsysteme mit Multi-Emitter-Beleuchtungssystemen

Gefördert durch das Bundeministerium für Bildung und Forschung, Förderkennzeichen 13FH554KX1

Aktive 3D-Messsysteme

Aktive 3D-Messsysteme sind für präzise 3D-Messungen in Bereichen wie der Logistik, der industriellen Sicherheit und der biometrischen Authentifizierung zunehmend relevant. Im Gegensatz zu passiven Systemen verfügen sie über eine eigene örtlich und/oder zeitlich modulierte Beleuchtung. Dadurch können sie unabhängig vom Umgebungslicht Messungen durchführen.

Diese Systeme erfordern dabei den Einsatz von präzisen, effizienten und kompakten Beleuchtungen, bestehend aus einer Lichtquelle und einem Strahlformer. Als Lichtquelle kommt in der Regel ein Array aus oberflächenemittierenden Lasern (VCSEL-Array) zum Einsatz. Das vom VCSEL-Array abgestrahlte Licht wird durch den Strahlformer in die Zielregion gelenkt und gegebenenfalls örtlich moduliert.

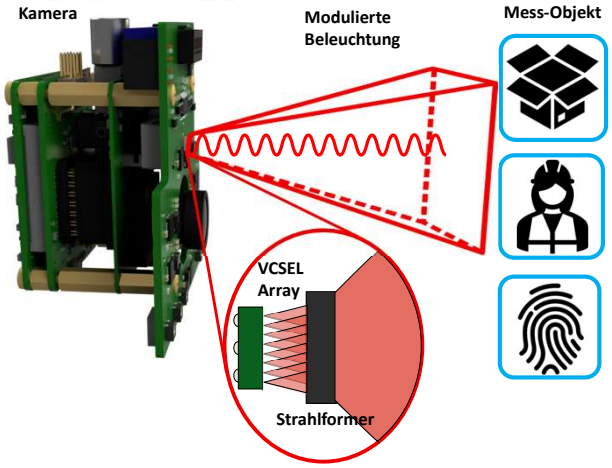


Abbildung 1: Messung mit einem aktiven bildgebenden Messsystem: Links das Kamerasystem, mittig die Beleuchtungseinheit bestehend aus VCSEL-Array und Strahlformer, und rechts mögliche Mess-Objekte

Das Ziel meiner Promotion ist die Entwicklung einer Toolbox, die die Auslegung von anwendungsspezifisch angepassten Strahlformern vereinfacht und zugänglicher macht.

Dabei werden verschiedene Strahlformungsansätze verglichen und optimiert. Hierzu kommen Simulationen und Messungen zum Einsatz, in denen auch der anwendungsspezifische Nutzen untersucht wird.

Anpassung der Strahlformung

Eine grundsätzliche Aufgabe eines Strahlformers ist es, das runde Strahlprofil eines VCSEL Arrays in das gewünschte Beleuchtungsfeld umzuformen. Innerhalb des Beleuchtungsfelds besteht außerdem die Möglichkeit, die Lichtintensität zu modulieren, um zusätzliche Informationen zu gewinnen. Ein Beispiel ist die Aufnahme von 3D-Daten durch die Projektion von Streifenmustern.

Die Anpassung der Strahlformung hat das Ziel, das Beleuchtungsfeld und die örtliche Intensitätsmodulation spezifisch auf die Anforderungen individueller Anwendungen abzustimmen.

Methoden zur Strahlformung

Der aktuelle Stand der Technik zur Strahlformung wurde analysiert, wobei sich drei geeignete Methoden herauskristallisieren, welche in Tabelle 1 verglichen werden. Alle drei Methoden werden umgesetzt und hinsichtlich ihrer Eignung für die Anwendung in verschiedenen aktiven 3D-Messsystemen untersucht.

Zusätzlich werden Möglichkeiten erforscht, eine Kollimation der Teilstrahlen des VCSEL-Arrays in die Strahlformer zu integrieren, was die Effizienz und die örtliche Auflösung steigern kann.

	Randomisierte Mikrolinsenarrays	Computer Generierte Hologramme	Randomisierte Kontinuierliche Phasenprofile
Wirkweise	Refraktiv	Diffraktiv	Refraktiv
Effizienz	Hoch	Mittel	Hoch
Örtliche Intensitäts-modulation	Kaum möglich	Unbegrenzt	Möglich, noch nicht genau erforscht
Neuheit	Mittel	Mittel	Hoch

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Strahlformungsmethoden, angepasst aus [1].

Erste Ergebnisse

Strahlformer nach dem Prinzip der Randomisierten Mikrolinsenarrays (RMLAs) und der Computer Generierten Hologramme (CGHs) mit integrierter Kollimation konnten bereits simuliert, optimiert und hergestellt werden. Die hergestellten Strahlformer wurden mit einem VCSEL-Array beleuchtet und die entstehenden Strahlprofile mit einem kamerabasierten Setup vermessen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

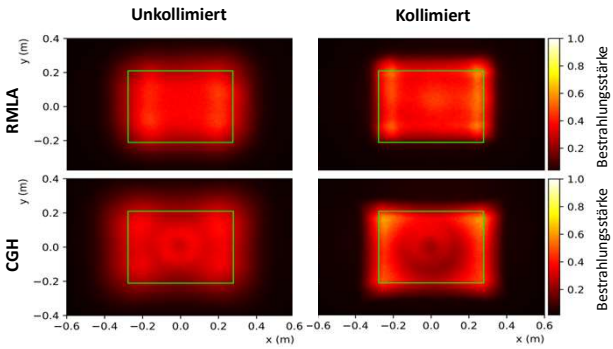


Abbildung 2: Gemessene Beleuchtungsverteilung in einem Meter Entfernung: Die gemessene Bestrahlungsstärke ist farblich codiert, in grün ist das gewünschte Beleuchtungsfeld markiert, angepasst aus [1].

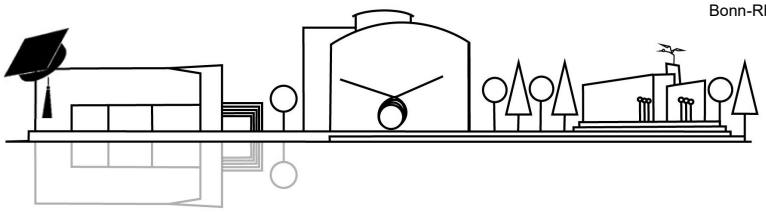
Weitere Schritte

Neben Verbesserungen in der Auslegung von CGHs und RMLAs wird ein Algorithmus zum Design von randomisierten kontinuierlichen Phasenprofilen entwickelt und getestet. Spezielle Anwendungen mit hohem Nutzen durch angepasste Strahlformung werden ausgewählt; hierfür werden optimierte Strahlformer entworfen und mit unangepassten Strahlformern verglichen. Zudem wird die Umsetzung dynamischer Beleuchtungen zur Erzeugung verschiedener Muster untersucht.

Kontakt
Elias Ellingen
elias.ellingen@h-brs.de

Betreuung
Prof. Robert Lange
robert.lange@h-brs.de

[1]: Elias Ellingen, "Design, Fabrication and Verification of Microoptics for Illumination Beamshaping in Active Imaging Systems", Master Thesis, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 08/2024



PhD Project Exhibition