

# Projektionseigenschaften von Bildleitern bei der endoskopischen Streifenprojektion

Jannis Drangmeister, Markus Kästner, Eduard Reithmeier  
Institut für Mess- und Regelungstechnik, Leibniz Universität Hannover  
mailto:jannis.drangmeister@imr.uni-hannover.de

Bildleiter werden in der flexiblen Endoskopie eingesetzt, da sie auf kleinstem Durchmesser Bilder übertragen können. Ebenso können Bildleiter zur Übertragung von Projektionen genutzt werden, um miniaturisierte Messsysteme aufzubauen. Im Folgenden werden die Eigenschaften von Bildleitern detailliert erläutert und deren Eignung untersucht.

## 1 Einführung

Mithilfe der flexiblen endoskopische Streifenprojektion können Defekte an schwer zugänglichen Stellen durch einen miniaturisierten Messkopf erfasst werden. Das Streifenmuster wird dabei nicht im Messkopf, sondern durch eine externe Projektionseinheit erzeugt. Als optisches Verbindungselement zum Messkopf wird ein kohärenter Bildleiter mit hexagonaler Faseranordnung eingesetzt.

Da für die Rekonstruktion kleiner Details eine hohe Streifenfrequenz erforderlich ist, muss auch die Faseranzahl entsprechend hoch gewählt werden, wodurch jedoch die Steifigkeit des Bildleiters steigt. Dies erschwert den Zugang zu potenziellen Defekten.

Ziel dieser Arbeit ist daher, die höchstmögliche Streifenfrequenz bezüglich der spezifischen Anzahl an Einzelfasern abzuleiten. Untersucht werden der Einfluss der Ausrichtung des Streifenmusters an der hexagonalen Struktur des Bildleiters, sowie der Einfluss unterschiedlicher Projektionshelligkeiten.

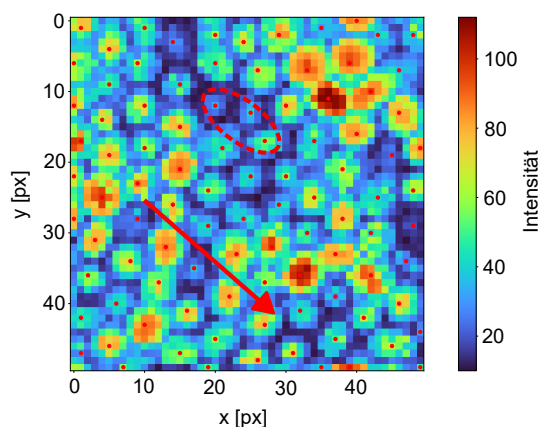
## 2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau verfügt über einen Messkopf mit einer 1 MP chip-on-tip Kamera (MISUMI Electronics Corp., Taipeh) welche auf einen Projektionsschirm in 10 mm Distanz gerichtet ist. Als Projektionsoptik im Messkopf kommt eine GRIN-Linse (Grintech GmbH, Jena) zum Einsatz. Der Bildleiter ist vom Typ FIGH-15-600N (Fujikura Ltd., Tokio) und besitzt 15.000 Einzelfasern. Die Einkopplung des Projektorbildes in den Bildleiter erfolgt durch ein unendlich-korrigiertes  $20\times$  Mikroskopobjektiv (Olympus, Tokio). Die Projektionseinheit besteht aus einer LED mit angeschlossener Köhlerbeleuchtung sowie einem V-7001 DLP (ViALUX GmbH, Chemnitz).

## 3 Strukturadaption

Um das Streifenmuster an die Bildleiterstruktur adaptieren zu können, muss die Struktur in Projek-

torkoordinaten bekannt sein. Dazu werden nacheinander einzeln Pixel des Digital-Mirror-Device (DMD) aktiv geschaltet. Trifft die Projektion in eine Faser, ergibt sich eine hohe Helligkeit auf dem Projektionschirm. Wird die Ummantelung der Faser getroffen ergibt sich eine geringe Helligkeit. Die jeweils von der Kamera maximale detektierte Helligkeit wird in ein Ergebnisbild an die Position der Projektorjoordinaten des aktiven Pixels übertragen. Das Ergebnis wird in Abbildung 1 dargestellt. Als Vereinfachung wird zunächst nur ein Ausschnitt von  $50\text{ px} \times 50\text{ px}$  des DMD betrachtet.

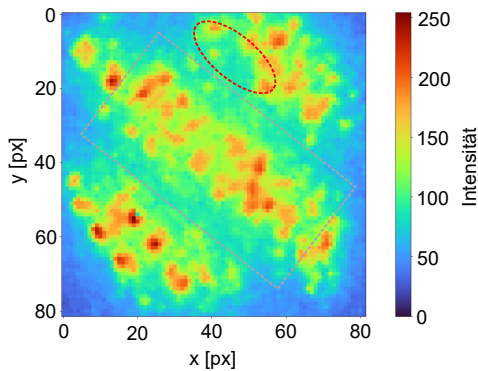


**Abb. 1** Ermittelte Bildleiterstruktur. Die lokalen Maxima stellen die Fasermittelpunkte dar und sind mit roten Punkten markiert. Der umrahmte Bereich markiert einen Fehler in der Bildleiterstruktur, welcher sich nach oben fortsetzt.

Die hexagonale Struktur des Bildleiters ist deutlich erkennbar. Im rot markierten Bereich ist jedoch auch eine Abweichung von der idealen Struktur sichtbar. Solche Fehler können allgemein in diesem Typ von Bildleiter auftreten [1].

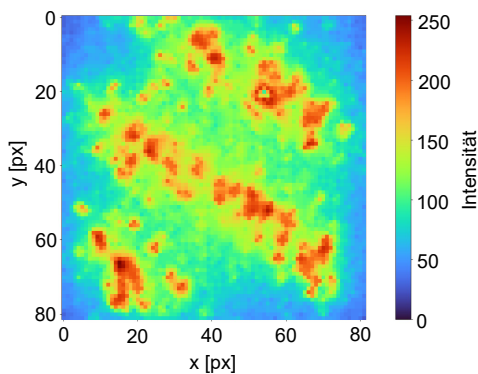
Die Adaption des Streifenmusters kann somit nur sinnvoll im unteren Bereich vorgenommen werden. Das Streifenmuster wird dafür in seiner Frequenz, Phase und Rotation manuell an die in Abbildung 1 durch den Pfeil markierte Orientierung der Faserschichten angepasst. Ein sichtbares Streifenmuster ergibt sich erst ab vier Faserschichten je Hell-

Dunkel-Durchgang. Abbildungen 2 und 3 zeigen den Vergleich zwischen einem ideal ausgerichteten binären Streifenmuster und einem leicht in Phase und Rotation abweichendem Muster. Das abweichende Muster weist insbesondere an den Streifenkanten deutlich mehr Unregelmäßigkeiten auf. Eine Ausnahme bildet der rot markierte Fehler in der Struktur, welche auch in Abbildung 2 zu einer Fehlstelle führt.



**Abb. 2** An der Bildleiterstruktur ausgerichtetes Streifenmuster. Der rot markierte Bereich kennzeichnet die Fehlstelle in der Bildleiterstruktur. Grau umrahmt ist der Bereich für die Auswertung des Signal-Rausch-Verhältnisses.

Die durch die einzelnen Fasern hervorgerufene Inhomogenitäten in den Streifen sind in beiden Fällen deutlich sichtbar. Wie sich unterschiedliche Projektionshelligkeiten auf diesen Effekt auswirken, wird nachfolgend untersucht.

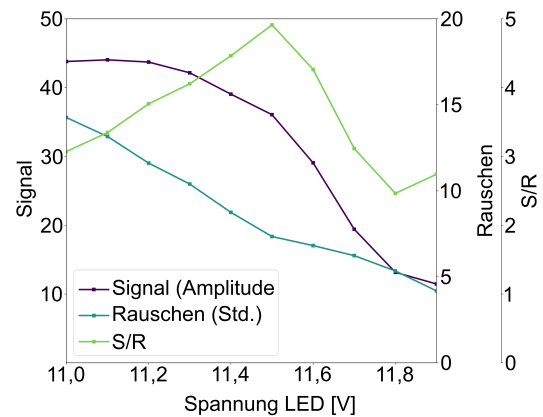


**Abb. 3** Das Streifenmuster ist gegenüber Abbildung 2 leicht in Rotation und Phase verändert, wodurch vermehrt Ausreißer und Fehlstellen entstehen.

#### 4 Projektionshelligkeit

Um sinnvoll Messungen mit dem dargestellten Streifenmuster durchführen zu können, ist eine projektorseitige Unschärfe erforderlich. Diese wird nachfolgend künstlich durch einen Gaußfilter eingebracht. Dadurch ergibt sich ein annähernd sinusförmiger Intensitätsverlauf, in dem sich die Inhomogenitäten als Rauschen äußern. Als Bewertungsmaß für

die Musterqualität wird daher das Signal-Rausch-Verhältnis herangezogen. Da die Belichtungszeit konstant bleibt, erfolgt zum Ausgleich der verschiedenen Projektorhelligkeiten eine Anpassung der Kamerabilder auf identische Helligkeitsniveaus.



**Abb. 4** Verlauf der Signalamplitude und dem Rauschen gegenüber der LED-Spannung, welche die Projektionshelligkeit widerspiegelt.

Die Signalamplitude wird durch eine Mittelwertbildung entlang des in Abbildung 2 grau markierten Ausschnitts bestimmt. Das Rauschen ergibt sich aus der Standardabweichung des Differenzbildes von Signal- und Originalbild.

Das Ergebnis wird in Abbildung 4 dargestellt. Mit zunehmender Projektionshelligkeit tritt ein Unschärfefekt auf, wodurch sowohl die Signalamplitude, als auch das Rauschen abnehmen. Durch die schnellere Abnahme des höherfrequenten Rauschens ergibt sich allerdings ein optimales Signal-Rausch-Verhältnis, und somit auch eine optimale Projektionshelligkeit. Dies könnte auf einen mit der Projektionshelligkeit zunehmenden Lichtaustausch zwischen den Fasern (Inter-Core-Coupling) zurückzuführen sein [1].

#### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Mithilfe der vorgestellten Methode kann die Bildleiterstruktur identifiziert und durch die Ausrichtung des Streifenmusters die Musterqualität erhöht werden. Fehlstellen in der Bildleiterstruktur können dabei nicht adressiert werden. Hier könnten eine flexible Algorithmik oder andere Bildleitertypen Verbesserung bringen. Weiterhin erzeugen die einzelnen Fasern Inhomogenitäten, die jedoch durch eine Optimierung der Projektionshelligkeit minimiert werden können.

#### Literatur

- [1] A. Perperidis, et. al., "Image computing for fibre-bundle endomicroscopy: A review," in *Medical image analysis vol. 62*, (Elsevier, 2020).