

Adaptive LED-Beleuchtung für die Bildverarbeitung

E. Hamer*, H. Illg*, A. Wipfler*, A. Hornberg**

*Hochschule Ravensburg-Weingarten, IAF Optische Systeme und STZ Leuchtentechnik

**Hochschule Esslingen, Fakultät Mechatronik und Elektrotechnik

<mailto:hamer@hs-weingarten.de>

In der Bildverarbeitung spielt die Beleuchtung der Objekte eine wichtige Rolle. In einem Projekt wurde eine adaptive LED-Beleuchtung für Bilderfassungssysteme erprobt, deren Ziel es ist, die Beleuchtung hinsichtlich Intensität, Richtung und Farbe nach bestimmten Qualitätskriterien zu steuern und eine automatische Optimierung der Bildqualität durchzuführen.

1 Einleitung

Die digitale Bildverarbeitung hält seit Jahren Einzug in immer mehr Bereiche der industriellen Fertigung (z.B. Anwesenheit, Vollständigkeit, Form oder Oberflächenfehlern von Teilen). Die Beleuchtung bei der Bildaufnahme ist dabei ein entscheidender Faktor. Information, die bei der Bildaufnahme verloren geht, ist nachträglich nicht mehr zu erschließen [1]. In dieser Arbeit soll eine adaptive Beleuchtung vorgestellt werden, welche aus mehreren LED-Feldern aufgebaut ist. Durch Ansteuerung der LEDs und gleichzeitiger Bewertung der aufgenommenen Bilder wird mittels Optimierungsstrategien eine optimale Einstellung der Beleuchtung gesucht.

2 Aufbau der LED Module

Es wurden fünf unterschiedliche Beleuchtungsmodule gefertigt, mit 5 mm LEDs, die entweder mit 20 mA (rot, grün, blau) oder mit 30 mA (weiß) betrieben wurden.

1. Ein quadratisches Flächenlicht in Weiß und in RGB.
2. Ein Dom in Weiß und in RGB als diffuses Auflicht.
3. Ein LED-Tunnel, der je nach Beschaltung als Hell- oder Dunkelfeldbeleuchtung wirkt.

Abb.1 zeigt das quadratische RGB-Flächenlicht mit vier schwenkbaren Flügeln, auf denen sich jeweils drei (RGB) Zeilen von LEDs befinden.

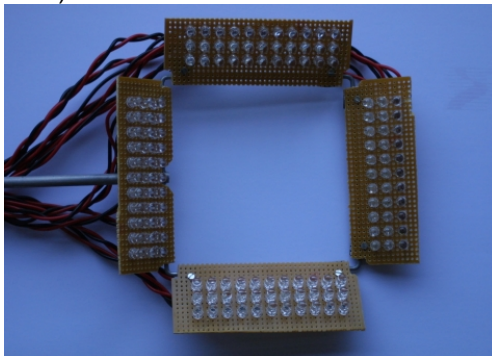


Abb. 1 Quadratische RGB Flächenbeleuchtung mit einstellbarem Winkel der Flügel.

3 Optimierung mit lokalen Suchstrategien

Die Qualitätsfunktionen für die Optimierung basieren auf Grauwerten aus den aufgenommenen Bildern. Als Beispiel sei die Qualitätsfunktion Q für farbige, ebene Testobjekte (siehe Abb. 2) gegeben:

$$Q = (1 - K_H) \cdot (1 - K_O) \cdot |\Delta \bar{g}| \quad (1)$$

mit K_H bzw. K_O Kontrast innerhalb der Bereiche und mit $|\Delta \bar{g}|$ Differenz der mittleren Grauwerte in Objekt und Hintergrund.

Als Variablen, die an der Beleuchtung einzustellen sind, dienen die Ströme I_k durch die einzelnen LED-Stromkreise. Der funktionale Zusammenhang zwischen Strömen und Bildqualität ist unbekannt. Somit kann die Optimierung nur anhand einer Suchstrategie erfolgen. In diesem Beispiel wurde eine Evolutionsstrategie verwendet [2].

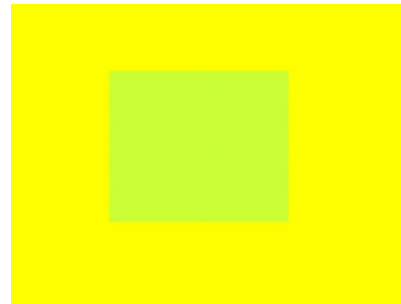


Abb. 2 Testausdruck für farbige, ebene Testobjekte.

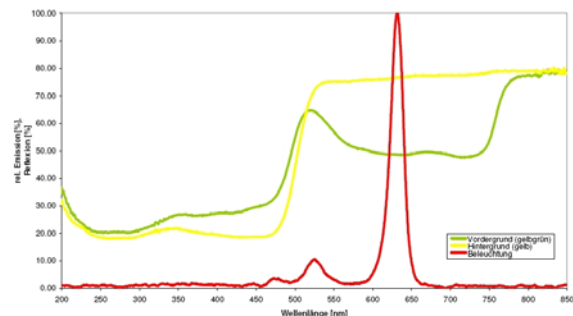


Abb. 3 Reflexionsspektren des gelb-grünen Testobjekts und Emissionsspektrum der optimierten LED-Beleuchtung.

Man kann in Abb. 3 erkennen, dass nach der Optimierung die LEDs in dem Spektralbereich, in welchem sich Hintergrund und Objekt im Reflexionsgrad am stärksten unterscheiden, am stärksten angesteuert sind. Dies ist vom lichttechnischen Standpunkt sinnvoll und zeigt, dass die Optimierung ihren Zweck erfüllt.

4 Weitere Beispiele

Ein einfacher Sonderfall in der Bildverarbeitung ist die Oberflächenprüfung. Um zu überprüfen ob eine Oberfläche Risse hat, genügt es den Kontrast der Aufnahme der Oberfläche zu bestimmen. Bei einer fehlerfreien Oberfläche sollte dieser möglichst niedrig sein. Im nachfolgenden Beispiel ging es darum, im Magnetstreifen einer Kreditkarte einen Kratzer zu erkennen. Dabei kam die quadratische, weiße Flächenbeleuchtung als gerichtete Dunkelfeldbeleuchtung zum Einsatz, die vom Aufbau her dem Beleuchtungsmodul von Abb. 1 entspricht.

Die Qualitätsfunktion Q_1 definiert sich dabei über:

$$Q_1 = K_{dig} = g_{max} - g_{min} \quad (2)$$

Die Ergebnisse sind in Form des Verlaufs der Qualitätsfunktion Q_1 in der Abb. 4 gegeben. Weiterhin ist jeweils für die erste Versuchsdurchführung der Verlauf der Optimierung anhand einiger Aufnahmen aufgezeigt (Abb. 5). Es wird sichtbar, wie die adaptive Optimierung funktioniert und wie die Qualität der aufgenommenen Bilder im Sinne einer Oberflächenprüfung verbessert wird.

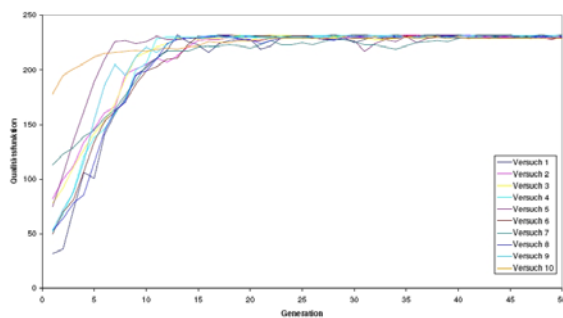


Abb. 4 Verlauf der Qualitätsfunktion bei der Beleuchtungsoptimierung für Kratzer in dunklen Oberflächen.

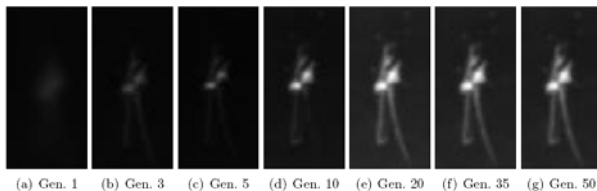


Abb. 5 Optimierung der Aufnahme eines Kratzers in dunkler Oberfläche durch adaptive Optimierung der Beleuchtung.

5 Simulation der LED-Module

Die Aufgabe dieses Projekts lag weiterhin darin, mit einem Optik-Design Programm die Beleuchtungs-

systeme zu simulieren und Optimierungen der Beleuchtung im Optik-Design-Programm durchzuführen. Damit können in der Simulation weitere Parameter optimiert werden. Abb. 6 zeigt das quadratische RGB Flächenlicht in der Simulation.

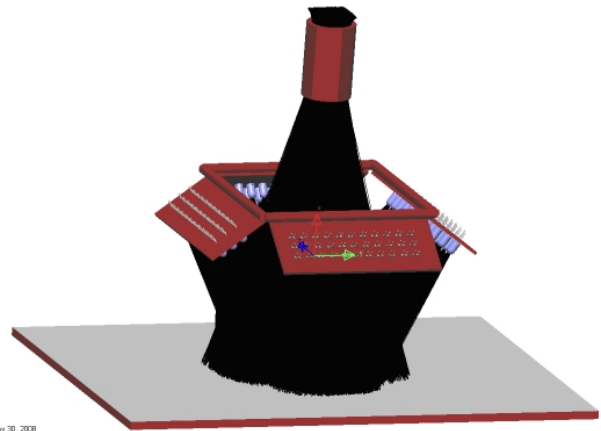


Abb. 6 Simulation der Kontrastoptimierung an farbigen, ebenen Testobjekten (LightTools).

Bei der Optimierung der Beleuchtung soll der Kontrast des Bildes maximiert werden. Die zu optimierenden Variablen sind dabei der gemeinsame Kippwinkel und der Lichtstrom der LEDs.

Nimmt man ein Testobjekt (Anordnung siehe Abb. 2) bei dem Objekt und Hintergrund farbig komplementär zueinander sind, so funktioniert die Optimierung ideal. Von einer Probe bestehend aus Hintergrund in Cyan und Objekt in Rot sieht man die Beleuchtungsstärkeverteilung auf dem CCD-Sensor in Abb. 7. Der Kontrast wurde dabei auf 0,998 optimiert, indem die roten LED Reihen ausgeschaltet wurden.

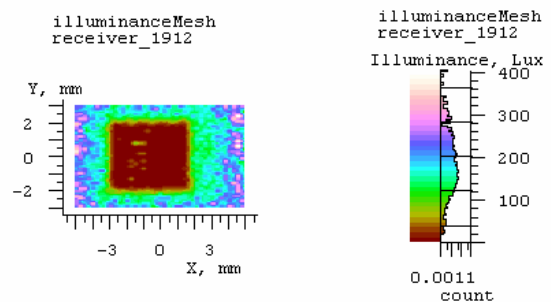


Abb. 7 Simulierte Beleuchtungsdichte des CCD-Sensors bei einem Testobjekt Hintergrund Cyan und Objekt Rot.

6 Literatur

- [1] Christian Demant, Bernd Streicher-Abel and Peter Waszkewitz. *Industrielle Bildverarbeitung. Wie optische Qualitätskontrolle wirklich funktioniert.* Springer, Berlin, 2001.
- [2] Ingo Rechenberg. *Evolutionsstrategie '94.* Frommann Holzboog, 1994.