

Produktionsbegleitende Messtechnik für LED und LED-Baugruppen

Dipl.-Ing. Christian Schwanengel, TechnoTeam BV GmbH, Germany

1 Einleitung

LEDs nehmen mehr und mehr Einzug in die verschiedensten Bereiche der Automobilindustrie. Da LEDs sehr klein sind, können sie entsprechend leicht kombiniert und in LED-Baugruppen verbaut werden. Dabei ist ihr Design annähernd frei von Einschränkungen, so dass unzählige Anordnungen möglich sind.

Um fotometrische Daten von den LEDs zu bekommen, ist ein leicht anpassbares Messsystem erforderlich. Es muss in der Lage sein verschiedene Bereiche des Farbraums als auch verschiedene Helligkeiten/Intensitäten zu erfassen. Es existieren Anwendungen, wie z.B. Tagfahrlicht oder Rücklicht, wo besonders das Einzelmessergebnis jeder LED verglichen mit allen anderen von Interesse sind. So muss geprüft werden, ob alle LEDs ein Minimum an Intensität (Leuchtdichte, Beleuchtungsstärke, Lichtstärke) aufweisen und gleichzeitig ob der Farbabstand zwischen den LEDs innerhalb einer geforderten Toleranz liegt. All diese Informationen können bei Verwendung einer Leuchtdichtemesskamera in Bruchteilen von einer Sekunde gewonnen werden. Darüber hinaus existieren Bildverarbeitungs-routinen, die speziell an diese Problematik angepasst sind (z.B. LEDs im Bild können automatisch detektiert und separiert werden). Außerdem ist es möglich sowohl für Baugruppen als auch für Einzel-LEDs, z.B. Nachtdesign (Symbolhinterleuchtung), den Intensitätsverlauf oder die Homogenität innerhalb eines Symbols zu bestimmen.

Der Vortrag beschreibt mögliche Einsatzfälle auf Basis von verschiedenen konkreten Anwendungsbeispielen.

2 Messprinzip

In Abhängigkeit von der Anwendung können die LEDs direkt oder indirekt gemessen werden. Abbildung 1 zeigt den Messaufbau für eine indirekte Messung. Hier wird in geeigneter Entfernung vor der LED-Baugruppe eine Streuscheibe positioniert, auf der die Leuchtdichte gemessen werden kann. Die Leuchtdichteverteilung einer einzelnen LED beinhaltet einige wichtige Informationen über deren Lichtausstrahlung. Die mittlere Leuchtdichte multipliziert mit der Lichtfleckgröße enthält Informationen über den Lichtstrom oder einen wichtigen Teil des Lichtstroms. Aus den Koordinaten des Lichtflecks lassen sich die Position oder ein Schielen der LED bestimmen. Durch Anwendung geeigneter

Algorithmen ist es somit möglich, aus der orts aufgelösten Leuchtdichteverteilung alle für diese Teile wichtigen zu prüfende Parameter herzuleiten. Bei Verwendung einer Farbkamera stehen darüber hinaus nicht nur Helligkeitsinformationen sondern auch die Farbe orts aufgelöst zur Verfügung. Somit können Farbunterschiede, die in der Ausstrahlung einer einzelnen LED vorhanden sind, detektiert werden (z.B. im Falle von weißen LEDs).

Die Messzeit für eine komplette LED-Baugruppe kann dabei je nach Helligkeit der LEDs unter einer Sekunde liegen.

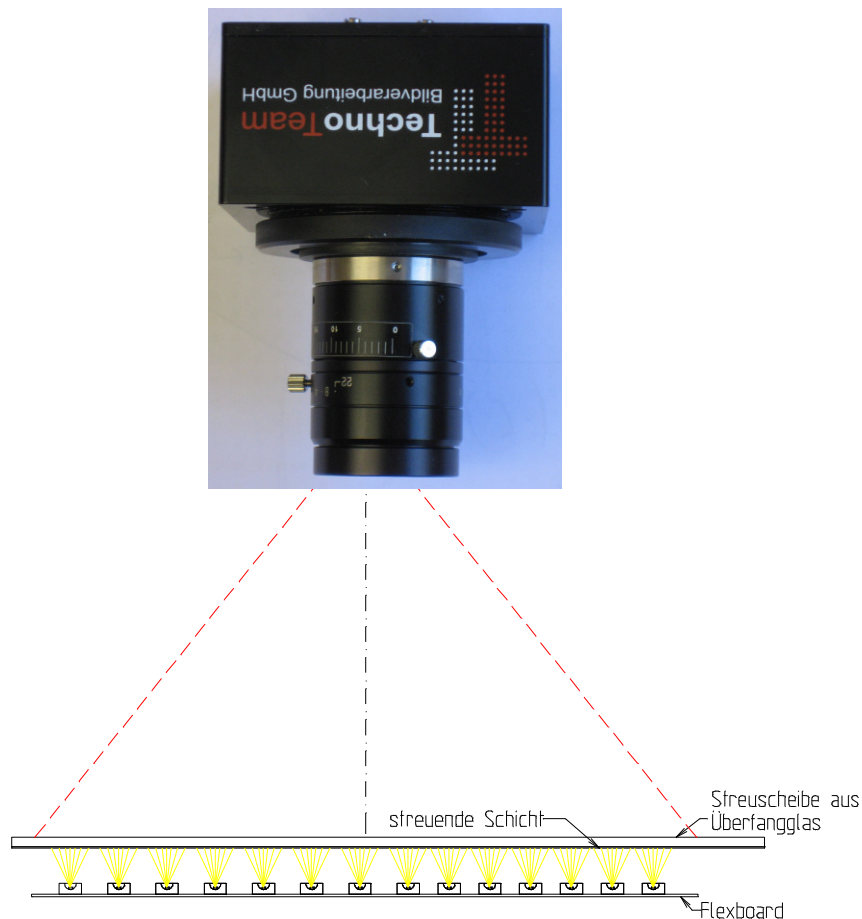


Abbildung 1: Messtechnik für LED-Messtechnik

3 Mögliche Anwendungsfälle

3.1 Tagfahrlicht

Für Tagfahrlichter sind besonders die Ergebnisse von jeder Einzel-LED verglichen mit jeder anderen von Interesse. Außerdem muss geprüft werden, ob alle LEDs eine Mindestintensität (Leuchtdichte) besitzen und ob die Farbabstände zwischen den LEDs innerhalb vordefinierter Toleranzen liegen.

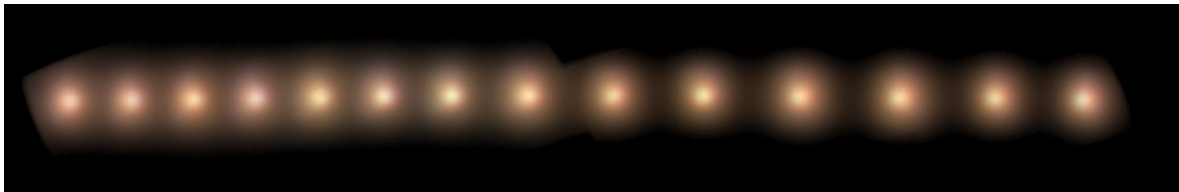


Abbildung 2: Farbbild eines Tagfahrlichtes auf einer Streuscheibe

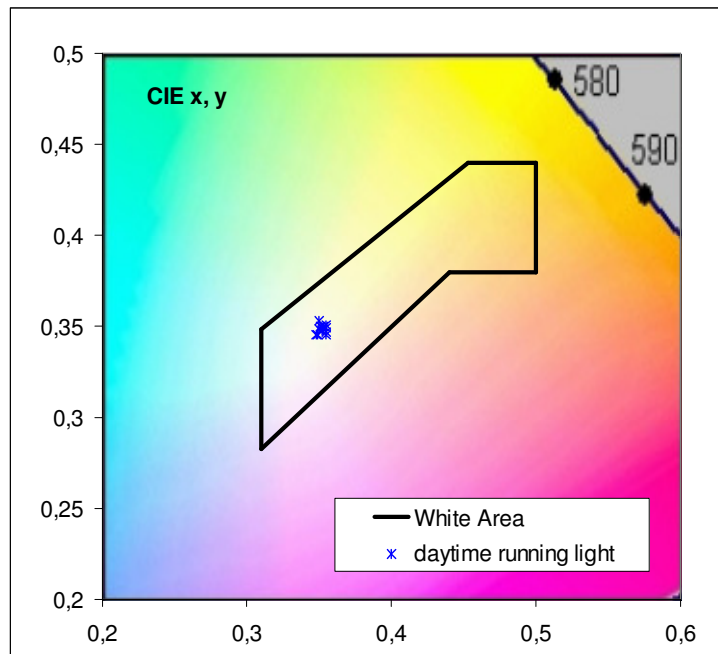


Abbildung 3: CIE x,y Farbkoordinaten von einem Tagfahrlicht

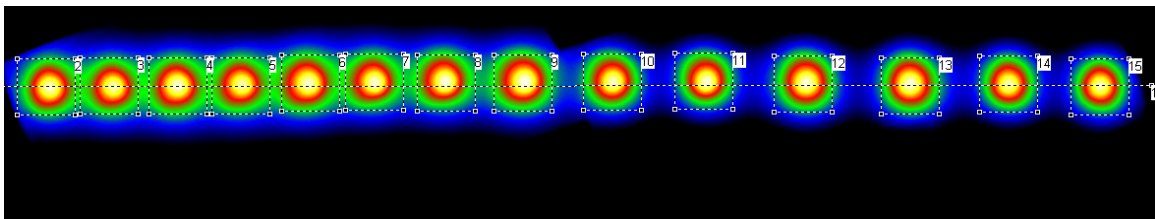


Abbildung 4: Intensitätsverlauf eines Tagfahrlichtes auf einer Streuscheibe; mit Regionen

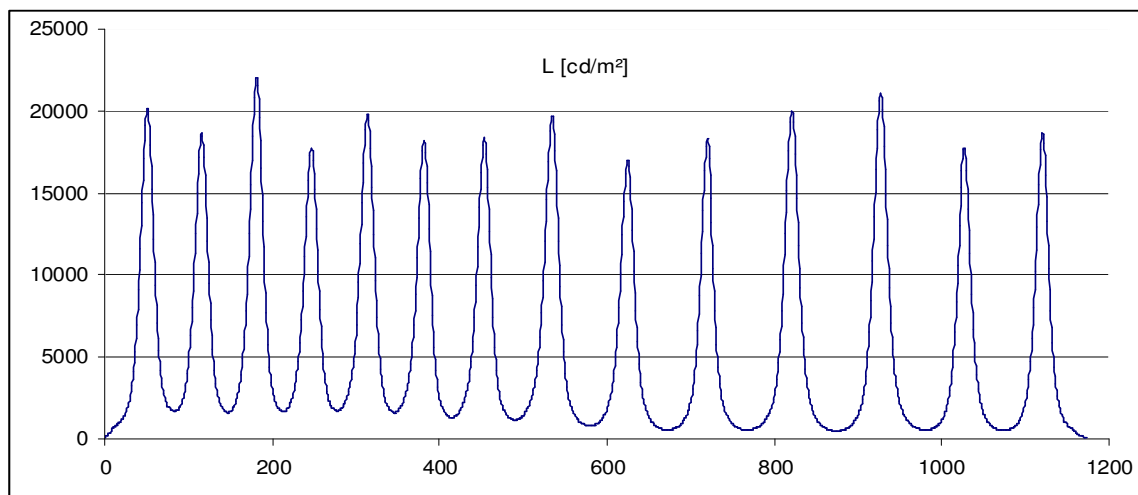


Abbildung 5: Verlauf des Schnittes durch die Helligkeitsverteilung in Abb. 4

3.2 Rücklicht

Das nächste Beispiel zeigt die Aufnahmen eines LED-Rücklicht. Die Auswertemöglichkeiten sind äquivalent zu dem Tagfahrlicht.

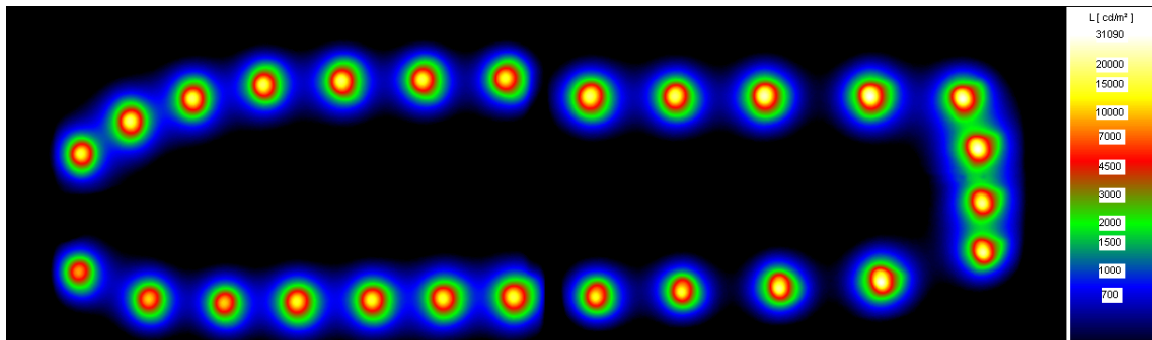


Abbildung 6: Intensitätsverlauf eines Rücklichtes auf einer Streuscheibe

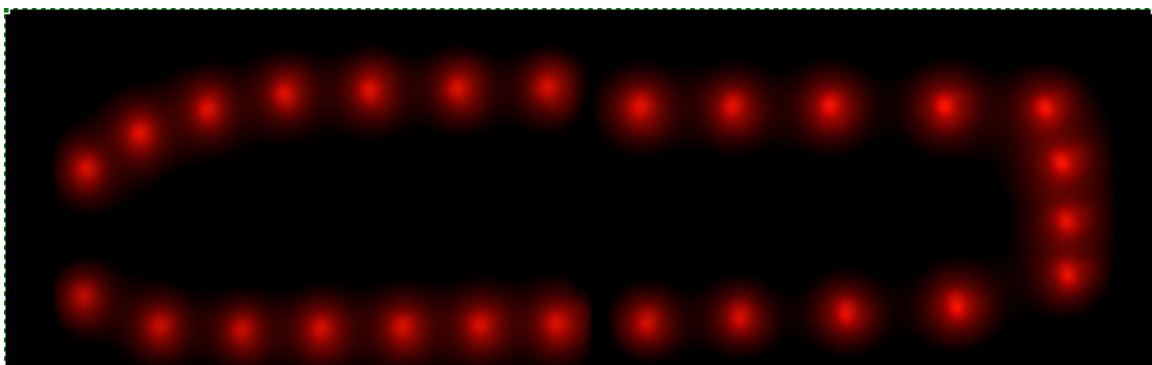


Abbildung 7: Farbbild eines Rücklichtes auf einer Streuscheibe

3.3 Direkte Messungen an RGB-LED-Modulen

Im Gegensatz zur indirekten Messung ist hier keine zusätzliche Streuscheibe zwischen LED und Aufnahmesystem. Bei der Aufnahme der LED-Module mit der Farbkamera werden von den LED die Chips selbst und das gestreute Licht von der Verklebung sichtbar. Damit sind die Bilder der LED sehr inhomogen (siehe lineare Darstellung - bei logarithmischer Darstellung kommt dies dann nicht mehr zum Ausdruck).

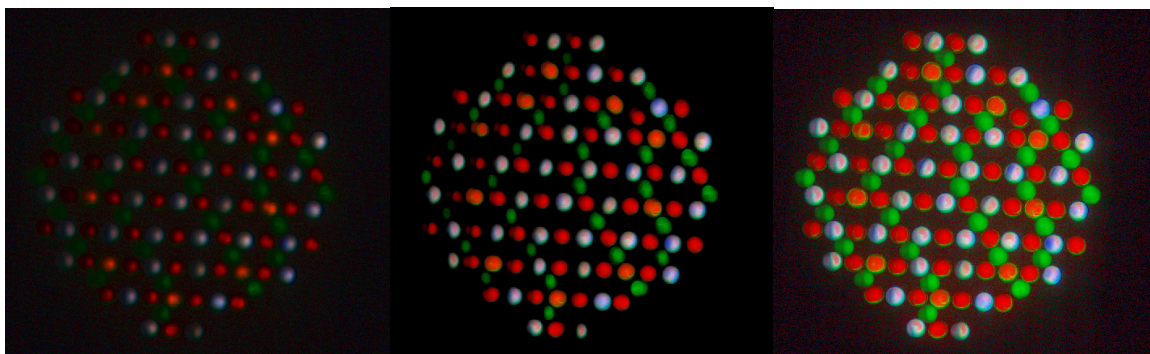
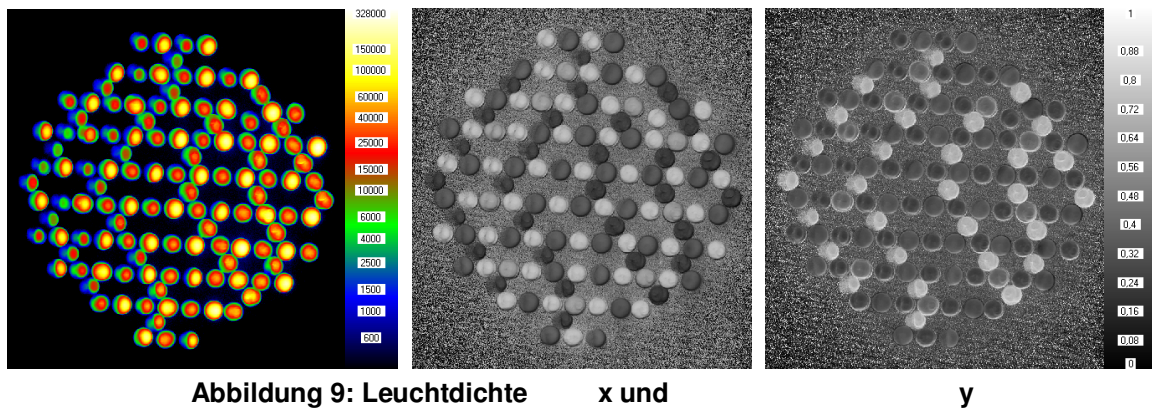


Abbildung 8: Farbbild, linear, 2-fach logarithmisch und 4-fach logarithmisch

Aus den Farbbildern können die Komponenten extrahiert werden. Im Folgenden sind beispielhaft L, x und y dargestellt:



Zur Beurteilung der Homogenität von Leuchtdichte und Farbe sind Mittelwerte über geeignete Flächen sinnvoll. Bei der folgenden Auswertung sind kreisförmige Flächen zur Mittelung benutzt worden. Die Lage der Flächen (Regionen) ist in den Bildern angegeben. Die auf die jeweiligen Flächen bezogenen Mittelwerte von Leuchtdichte L und Farbkoordinaten x, y sind als Tabelle und als Grafik dargestellt.

Um geeignete Größen der Flächen für eine Mittelung zu bestimmen wurde beispielhaft zweimal mit unterschiedlichen Messflächen gearbeitet (Durchmesser 100 Pixel und Durchmesser 150 Pixel).

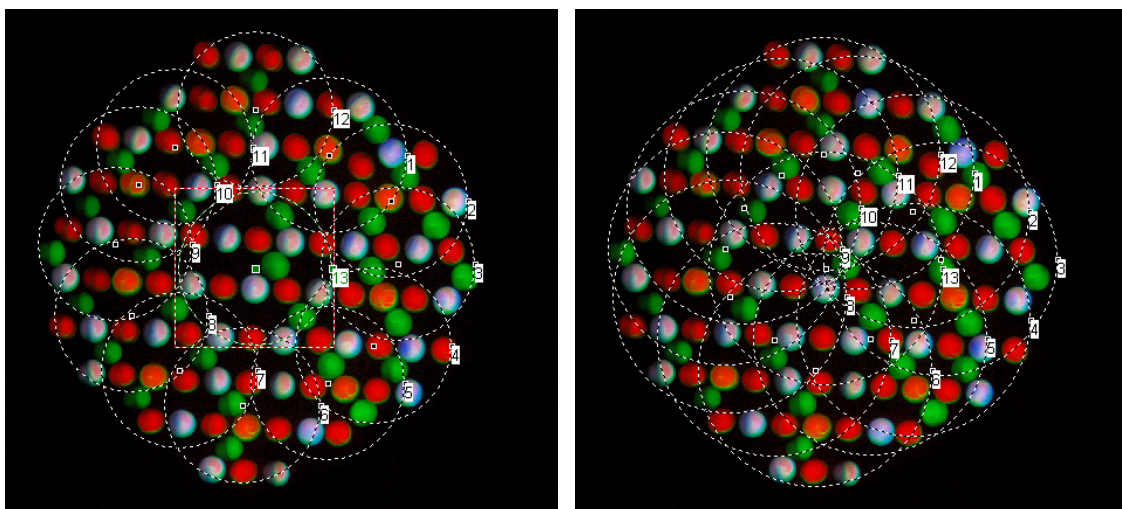


Abbildung 10: Farbbild, 3-fach log., Kreise mit 100 und 150 Pixel Durchmesser

Tabelle 1: Bestimmung der Mittelwerte für L , x , y bei 100 Pixel Durchmesser

Region	1	2	3	...	11	12	13
$L/\text{cd/m}^2$	16970	19410	17390	...	7282	10350	13630
x	0,415	0,412	0,416	...	0,440	0,445	0,412
y	0,405	0,419	0,435	...	0,416	0,398	0,395

Tabelle 2: Bestimmung der Mittelwerte für L, x, y bei 150 Pixel Durchmesser

Region	1	2	3	...	11	12	13
L/cd/m ²	13830	16660	18480	...	10180	11530	13050
x	0,422	0,420	0,408	...	0,426	0,435	0,409
y	0,411	0,415	0,426	...	0,412	0,401	0,405

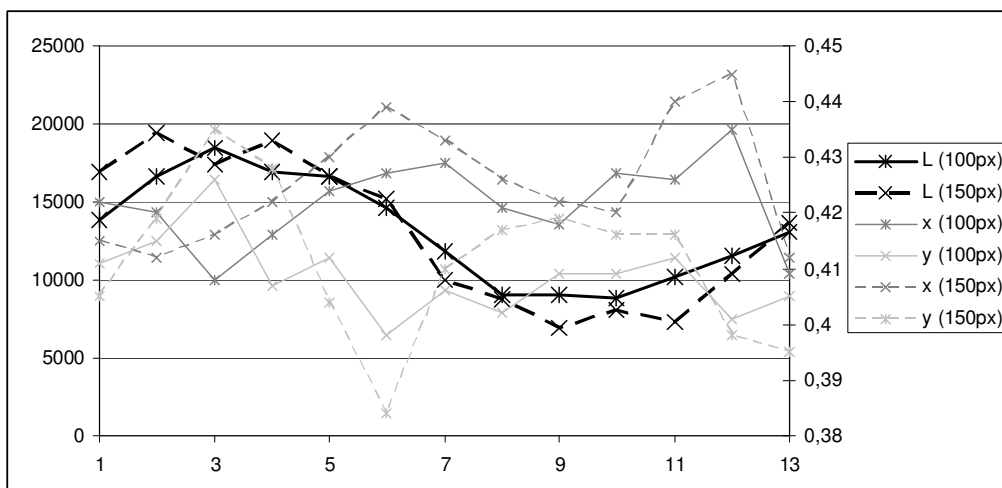


Abbildung 11: Mittelwerte der Regionen 1 bis 13 für 100 und 150 Pixel Durchmesser

3.4 Messungen an Modulen mit High-Power LED

Auch hier werden bei der Aufnahme der LED-Module mit der Farbkamera von den LED die Chips selbst und das gestreute Licht von der Verkappung sichtbar.

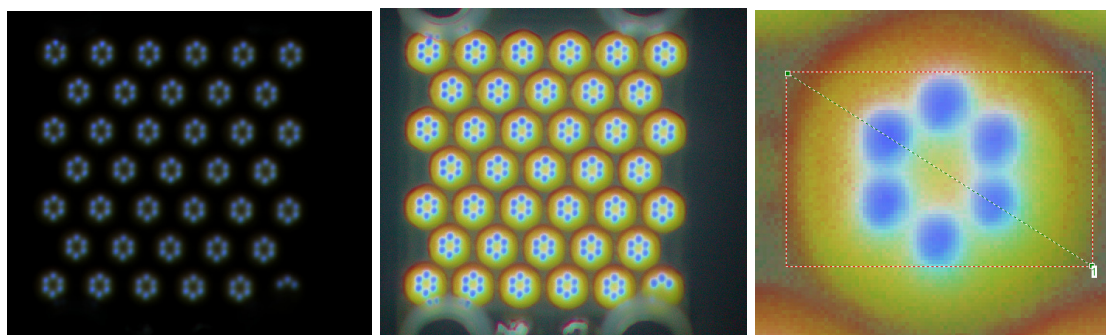


Abbildung 12: Farbbild, linear, 4-fach logarithmisch und eine LED vergrößert

Aus den Farbbildern können die Komponenten extrahiert werden. Nachfolgend sind beispielhaft L, x, y sowie der Farbverlauf entlang des Schnittes (Vergleich gezoomte LED) dargestellt:

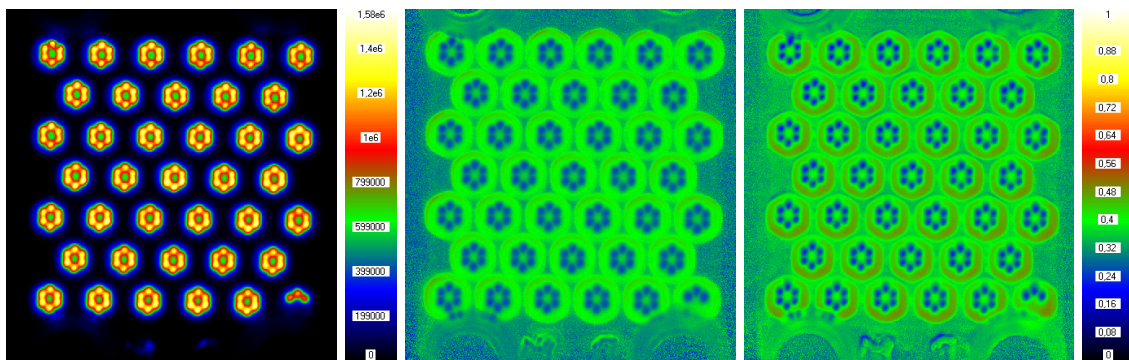


Abbildung 13: Leuchtdichte x und y

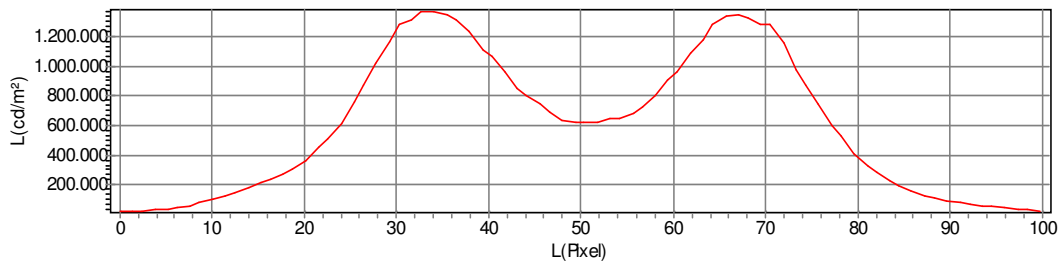


Abbildung 14: Verlauf des Schnittes durch die Farbverteilung in Abb. 12

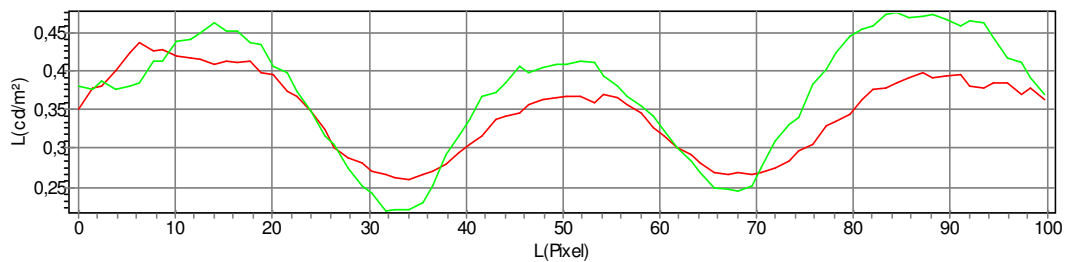


Abbildung 15: x, y entlang des Schnittes durch die Farbverteilung in Abb. 12

3.5 SymbolChecker

Neben den hohen Anforderungen an die Messtechnik muss auch die Bildverarbeitungssoftware bestimmten Ansprüchen genügen und an die speziellen Bedingungen der Automobilzulieferer angepasst sein. Die Fertigung erfolgt oft in Osteuropa und die Anlagen werden meist in 3 Schichten betrieben. Insbesondere bei komplexeren Geräten (Autoradios, Klimaanlagebedienung, Navigationssysteme) gibt es zahlreiche Ausstattungsvarianten, die sich während der Produktlaufzeit ändern können. Die Software muss in der Lage sein, diese Vielfalt zu verwalten und es dem Bedienpersonal vor Ort zu ermöglichen, Änderungen bzw. Erweiterungen vorzunehmen. Speziell dafür wurde bei TechnoTeam BV das Softwarepaket „SymbolChecker“ entwickelt.

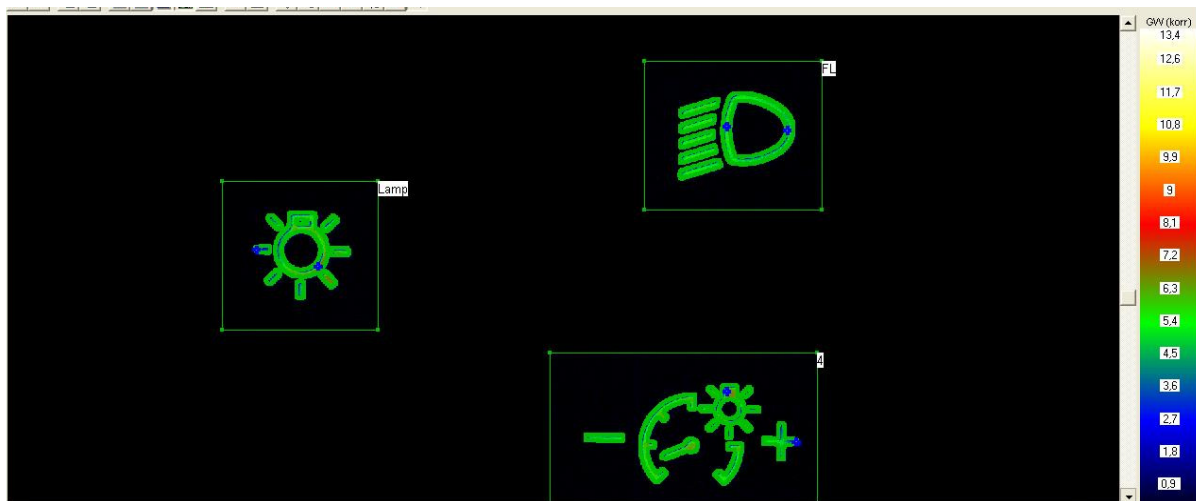


Abbildung 16: Detektierte Symbole in der SymbolChecker-Software

Das Bildverarbeitungssystem kann über eine Vielzahl von Schnittstellen (DII, Digital-IO, TCP/IP, RS232, Profibus-DP) in den Fertigungsprozess eingebunden werden. Die integrierten Diagnosefunktionen (automatisches Speichern von Fehlerbildern, Messung im Offline-Betrieb, Verarbeitung von Bildserien) erlauben eine schnelle Reaktion auf Fertigungsprobleme. In Abhängigkeit von der benötigten Auflösung kommen Kameras von 1,5 MegaPixel bis 16 MegaPixel zum Einsatz. Auch bei hohen Auflösungen stehen bei Symbolen auf Grund der typischen Strichbreiten von wenigen Zehntel Millimetern nur wenige Pixel zur Verfügung. Für eine korrekte Leuchtdichtemessung unter diesen Bedingungen wurden spezielle Algorithmen entwickelt. Die Software ist in der Lage, neben Licht (mittlere Leuchtdichte, Homogenität) und Farbe (CIE-Farbkoordinaten, dominante Wellenlänge), auch die Qualität der Symbole durch einen Mustervergleich zu prüfen. Für die Prüfung nicht hinterleuchteter Symbole kann optional ein LED-Ringlicht in die Kamera integriert werden.

Typische Anwendungsfälle sind die Prüfung von Schaltern (Lenkradschalter, Leuchtweitenregler) und Bedieneinheiten (Lichtdrehschalter, Dachbedieneinheit), Rundinstrumenten, Displays und LED-bestückte Leiterplatten (Flexboards für Rücklicht, Tagfahrlicht). Durch den Einsatz von Streuscheiben (Bild 11) können neben Leuchtdichten und Farbe sehr einfach auch abgeleitete Parameter, wie Lichtstrom, Teillichtstrom, und auch geometrische Parameter wie z.B. „Schielen“ erfasst werden.