

Grundlagen der industriellen Farbmesstechnik

Im Auge des Betrachters

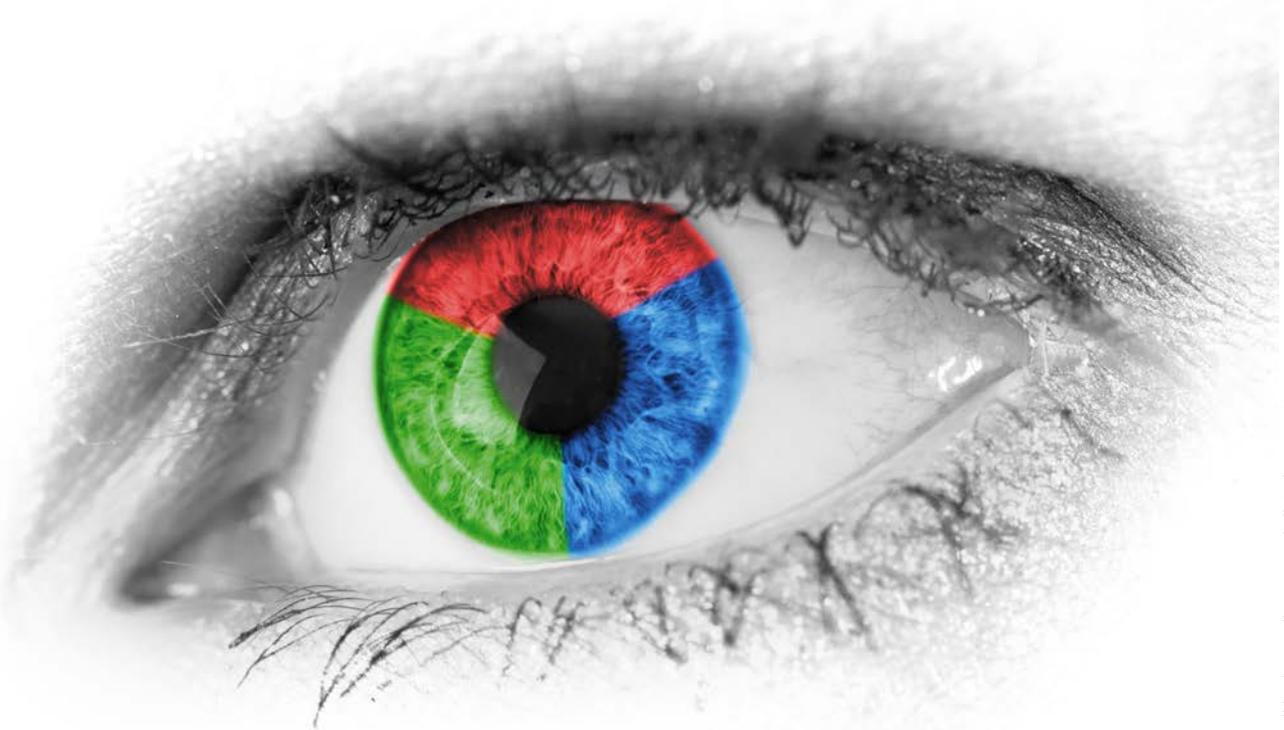


Bild: Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG

Im menschlichen Auge gibt es 6 Millionen Zapfen, die für die Farbwahrnehmung sorgen. Die Zapfen gibt es in drei verschiedenen Arten, die in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen des sichtbaren Spektrums empfindlich sind.

Farbe ist für die industrielle Messtechnik eine große Herausforderung, da Farbe ein individueller, visueller, durch Licht hervorgerufener Sinneseindruck ist. Bei der Farbmessung geht es daher immer um den Vergleich zwischen der gemessenen zur eigentlich wahrgenommenen Farbe durch das menschliche Auge. Bei den meisten Anwendungen ist entscheidend, dass kleinste Farbabweichungen erkannt werden müssen, da diese vom Auge bereits wahrgenommen werden.

Um Farbe in industriellen Anwendungen zu kontrollieren, sind entsprechende Sensoren notwendig. Diese müssen so funktionieren, dass sie der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges entsprechen. Auf Basis der menschlichen Farbempfindungen lassen sich aber Farben unterschiedlich beschreiben. Da es im Auge drei unterschiedliche Zapfenarten gibt, ist der Farbraum dreidimensional. Seit 1931 sorgt der von einer internationalen Kommission festgelegte Normfarbraum CIE 1931 für Vergleichbarkeit bei der Beschreibung von Farben. Dieser Farbraum beruht auf einer Studie, bei der das Farbempfinden von Probanden untersucht wurde. Gleichzeitig wurden Parameter, wie Beobachtungsbedingungen und Beleuchtung, festgelegt, so dass eine Vergleichbarkeit bei Farbmessungen gegeben ist. In technischen Anwendungen ist eher der Cielab-Farbraum gebräuchlich, der sich aus dem Normfarbraum durch Transformation erzeugen lässt. Die Koordinaten dieses Farbraumes sind L als Maß für die Helligkeit, a (grün/rot-Buntheit) und b (blau/gelb-Buntheit). Der Vorteil dieses Farbraumes liegt darin, dass jeder Buntton, der vom menschlichen Auge als separate Farbe wahrgenommen wird, ein gleiches Volumen einnimmt. Weniger gebräuchlich ist der

HSV/HSI-Farbraum. Die bei Bildschirmen und der Drucktechnik verwendeten Farbräume RGB und CMYK sind kleiner als der CIE-Normfarbraum und können nicht alle Farben abbilden, die das menschliche Auge erkennt. Neben den Farbräumen von der CIE-Kommission sind auch Vorgaben zur Beleuchtung und zum Beobachtungsabstand bei der Farbmessung festgelegt. Ein weiterer Parameter für industrielle Anwendungen ist der Farbabstand Delta-E (Abstand zweier Farben im Farbraum). Die Wahrnehmungsgrenze beim Menschen liegt je nach Farbe zwischen 0,5 und 1. In der Automobilindustrie wird meist ein Delta-E <0,1 gefordert.

Messtechnische Herausforderung

Wenn die Beobachtungsgeometrie feststeht, ist die Farbe physikalisch gesehen ein reflektiertes Intensitätsspektrum im sichtbaren Wellenlängenbereich. Dieses Reflexionsspektrum ist natürlich neben der Farbe des Objektes abhängig von der Beleuchtung. Für diese sind verschiedene Lichtquellen definiert, z.B. Glühlampe, Tageslicht, Leuchtstofflampen oder kaltweiße LED. Ein Farbsensor

muss in der Lage sein, das reflektierte Spektrum zu detektieren und sollte dabei die Funktionsweise des menschlichen Auges imitieren. Für die Messung wird das reflektierte Licht in spektrale Anteile zerlegt. Die einfachste Methode hierzu sind Filter, die jeweils nur für einen Teil des Spektrums durchlässig sind. Auf dieser Methode basieren auch die meisten herkömmlichen CCD-Kameras, deren Sensor in grüne, rote und blaue Pixel unterteilt ist. Mit einem genaueren Prinzip arbeiten Farbsensoren für industrielle Anwendungen, wie die colorSensor CFO Serie (s.Kasten). Die Probe wird mit einer Lichtquelle beleuchtet. Das von der Probe reflektierte Licht trifft dann auf den Sensor, wo das Licht durch drei verschiedene Filter auf lichtempfindliche Sensorelemente trifft. Die Absorptionsspektren der verwendeten Filter sollten so gewählt sein, dass sich die Bereiche überlappen. Die Filter teilen das Licht auf in langwellige (X), mittelwellige (Y) und kurzwellige (Z) Anteile. Die einzelnen Signale werden dann in $L^*a^*b^*$ -Farbwerte transformiert. Auf diese Weise erhält man Messwerte, die eine Einordnung der Farbe entsprechend der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges ermöglichen. Man spricht daher auch von perceptiven Farbsensoren oder True-Color-Sensoren. Die Sensoren eignen sich ideal um Farbabweichungen zu erkennen. Über eine Teach-In-Funktion kann der Anwender die gewünschte Farbe einlernen und zusätzlich eine maximal erlaubte Farbabweichung angeben. Der Sensor vergleicht dann im Betrieb die Farbe der Produkte und kann beispielsweise über einen digitalen Ausgang signalisieren, ob die Farbe der Probe innerhalb des Toleranzbereiches liegt. Mit einem anderen Funktionsprinzip arbeiten Farbmesssysteme, wie etwa das colorControl ACS7000. Dieses zerlegt das Spektrum des einfallenden Lichts über Brechung an einem Gitter in 256 Anteile, die hinter dem Gitter auf eine CCD-Sensorzeile abgebildet werden. Damit kann das komplette sicht-

bare Spektrum sehr genau mit einer spektralen Auflösung von 5nm vermessen werden. Das Farbmesssystem liefert im Gegensatz zum Farbsensor nicht nur einen Vergleich zu Referenzfarben, sondern kann einzelne Farben eindeutig identifizieren und als Koordinaten im Farbraum ausgeben. Sowohl Sensorsystem als auch Weißlicht-LED sind im Gehäuse des Systems untergebracht, an das verschiedene Messköpfe über Lichtwellenleiter angeschlossen werden können. Im Winkelmesskopf ACS1 sind die Beleuchtung und Empfänger entweder im Winkel von $30^\circ \times 0^\circ$ oder $45^\circ \times 0^\circ$ angeordnet. Damit ergeben sich Beobachtungsabstände von 50 oder 38mm. Für komplexere Messaufgaben, etwa an strukturierten, hochreflektierenden oder metallisch-glänzenden Oberflächen, steht der Ringmesskopf ACS2 zur Verfügung, bei dem 24 Beleuchtungsoptiken ringförmig unter einem Messwinkel von $45^\circ \times 0^\circ$ angeordnet sind. Er sorgt für eine konstante und homogene Ausleuchtung, wodurch die Messung unabhängig von der Drehlage des Objekts ist. Auch an kleineren Messobjekten oder gekrümmten Oberflächen lassen sich damit Farbmessungen durchführen. Für Farbmessung an transparenten Objekten wie Folien oder Glas wird der Transmissionsensor ACS3 benötigt, bei dem Beleuchtung und Empfänger gegenüber $180^\circ \times 0^\circ$ angeordnet sind. Damit können auch die Farben von Selbstleuchtern vermessen werden, eine Beleuchtungseinheit ist dabei nicht notwendig.

Bedienung über Webserver

Zum Einlernen von Farben sind an den Sensoren Teach-In-Tasten vorhanden. In den meisten Fällen geschieht die Konfiguration aber über den integrierten Webserver. Dort lassen sich alle Einstellungen wie z.B. die geeignete Belichtung und Messfrequenz, vornehmen. Auch die Ausgangssignale werden direkt auf der Weboberfläche festgelegt. Ein typisches Anwendungsbeispiel ist die Automobilindustrie: Stoßfänger, Türgriffe und Außenspiegel sind bei den meisten PKW in Wagenfarbe lackiert. Hinzu kommen Abstandssensoren und Scheinwerfer-Reinigungsanlagen, die in den Stoßfängern integriert sind. Alle Teile werden getrennt lackiert müssen aber trotzdem perfekt zur Farbe der Karosserie passen. Bei der Montage wird daher die Farbgleichheit überprüft, denn das menschliche Auge erkennt auch kleinste Farbabweichungen. Zudem kommen strukturierte, gekrümmte und reflektierende Oberflächen als zusätzliche Herausforderungen an die Farbmessstechnik hinzu. Ein weiteres Beispiel ist die Produktion von Fassadenplatten aus Zink, deren Oberflächenfarbe sich durch Beschichtung verändert. Während der Produktion muss die Farbe ständig kontrolliert werden, um Abweichungen frühzeitig zu erkennen. In großflächigen Fassaden wären anderenfalls Fassadenplatten mit leicht abweichender Farbe leicht zu erkennen. Auch bei der Produktion von Tabletten müssen kleinste Farbabweichungen detektiert werden, denn in durchsichtigen Blister-Verpackungen würden sich unterschiedliche Farbtöne negativ auf das Qualitätsempfinden auswirken. ■

Kompakte True-Color-Farbsensoren

Die True-Color-Farbsensoren der colorSensor CFO Serie zeichnen sich durch eine hohe Farbgenauigkeit aus und arbeiten nach dem XYZ-Dreibereichsverfahren und mit einer Hochleistung-Weißlicht-LED. Beleuchtung,



Bild: Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG

und Sensorelemente sowie die Auswerteelektronik sind in einem Aluminiumgehäuse untergebracht. An den Farbsensor wird ein Lichtwellenleiter angeschlossen, über den sowohl die Beleuchtung als auch die Messung erfolgt. Daher kann der Sensor auch bei beengten Verhältnissen eingesetzt werden, da der Messkopf nur wenig Platz benötigt. Es steht eine Vielzahl an unterschiedlichen Messköpfen zur Verfügung. Durch eine maximale Lichtleiterlänge von 2,4m kann der Sensor auch außerhalb eines kritischen Gefahrenbereichs (Vakuum, Temperatur, EX) montiert werden. Je nach Sensor Typ können bis zu 255 Farben in sieben Farbgruppen (CFO100, Messfrequenz bis zu 10kHz) oder mehr als 4.000 Farben in 254 Farbgruppen (CFO200, Messfrequenz bis zu 20kHz) per Tasten-Teach-In eingelesen und der zulässige Toleranzbereich festgelegt werden.

Autor: Dipl.-Ing. Joachim Hueber,
Produktmanager Farbsensoren,
Micro-Epsilon Eltrotec GmbH,
www.micro-epsilon.de

Direkt zur Marktübersicht i-need.de

www.i-need.de/?Produkt=31368