

Industrielle Messtechnik imitiert das menschliche Auge

# Farben vergleichen und identifizieren

Mit den perzeptiven Farbsensoren und Farbmesssystemen von Micro-Epsilon können Anwender auch schwierige Messaufgaben mit kleinen Delta-E-Werten sowie hohen Messfrequenzen lösen. Dafür wird die zu bewertende Oberfläche mit einer definierten Lichtquelle beleuchtet und das reflektierte Licht über verschiedene Funktionsprinzipien analysiert.

Dipl.-Ing. (FH) Joachim Hueber, Micro-Epsilon Eltrotec GmbH

**F**arbe ist für die industrielle Messtechnik eine große Herausforderung, da sie ein individueller, visueller, durch Licht hervorgerufener Sinnesindruck ist. Bei der Farbmessung geht es daher immer um den Vergleich zwischen der gemessenen zur eigentlich wahrgenommenen Farbe durch das menschliche Auge. Diese Wahrnehmung wird durch Licht im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm hervorgerufen und das Auge erkennt bereits kleinste Farbabweichungen. Dementsprechend werden für industrielle Anwendungen Sensoren benötigt, die so funktionieren, dass sie der menschlichen Farbwahrnehmung entsprechen. Das Auge selbst hat unterschiedliche Sinneszellen: 120 Mio. Stäbchen sind für das Hell-Dunkel-Sehen zuständig und 6 Mio. Zapfen sorgen für die Farbwahrnehmung. Die Zapfen können zudem in drei verschiedene Arten eingeteilt werden, die auf unterschiedliche Wellenlängenbereiche des sichtbaren Spektrums reagieren. Dementsprechend ist der Farbraum auch dreidimensional. Im Vergleich zu den Zapfen haben Stäbchen allerdings eine deutlich höhere Empfindlichkeit – deshalb ist das Farbsehen auch von der Beleuchtung abhängig.

## Funktionsprinzipien der Sensoren

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. Farbsensoren für industrielle Anwendungen, wie die neue Colorsensor-CFO-Serie von Micro-Epsilon, arbeiten nach einem genaueren Prinzip. Dabei wird die Probe mit einer Lichtquelle beleuchtet – in der Regel werden dafür inzwischen Weißlicht-LED-Beleuchtungen verwendet. Das von der Probe reflektierte Licht trifft dann auf den Sensor, wo es durch drei verschiedene Filter auf lichtempfindliche Sensorelemente trifft. Die Absorptionsspektren der verwendeten Filter sollten dabei so gewählt sein, dass sich die Bereiche überlappen. Sie teilen das Licht in langwellige (X), mittelwellige (Y) und kurzwellige (Z) Anteile auf und die einzelnen Signale werden 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 perzeptiven Farbsensoren oder True-Color-Sensoren. Sie



Bild: Micro-Epsilon

Im menschlichen Auge gibt es 6 Millionen Zapfen, die für die Farbwahrnehmung sorgen

eignen sich besonders dafür, Farbabweichungen zu erkennen. Trotz der eher komplexen Materie kann der Anwender die gewünschte Farbe einfach über eine Teach-In-Funktion 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 Toleranzbereichs liegt.

## Farbmesssysteme identifizieren Farben eindeutig

Mit einem anderen Funktionsprinzip arbeiten Farbmesssysteme, wie etwa unser Colorcontrol ACS7000. Dieses zerlegt das Spektrum des einfallenden Lichts über Brechung an einem Gitter in 256 Anteile, die hinter dem Gitter auf einer CCD-Sensorzeile abgebildet werden. Damit kann das komplette sichtbare Spektrum sehr genau mit einer spektralen Auflösung von 5 nm vermessen werden. Das Farbmesssystem liefert dadurch 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 dabei im Gehäuse untergebracht, an das verschiedene Messköpfe über Lichtwellenleiter angeschlossen werden können. Im Winkelmesskopf ACS1 für gängige Messaufgaben sind Beleuchtung und Empfänger entweder im Winkel von 30°/0° oder 45°/0° angeordnet. Damit ergeben sich Beobachtungsabstände von 50 mm oder 38 mm. Für komplexere Messaufgaben, wenn etwa an strukturierten, hochreflektierenden sowie metallisch-glänzenden Oberflächen gemessen werden muss, steht zudem der Ringmesskopf ACS2 zur

PLUS

## True-Color-Farbsensoren



Bild: Micro-Epsilon

Die neuen kompakten True-Color-Farbsensoren der ColorSensor-CFO-Serie von Micro-Epsilon bieten eine hohe Farbgenauigkeit, moderne Schnittstellen sowie eine intuitive Bedienung. Sie arbeiten nach dem XYZ-Dreibereichs-Messverfahren und entscheidend für ein gutes Messergebnis ist, dass die Beleuchtung der Probe mit einer definierten Lichtquelle erfolgt. Dafür kommen bei den Farbsensoren Hochleistung-Weißlicht-LEDs zum Einsatz, die den größten Teil des sichtbaren Spektrums abdecken. Alle Komponenten samt Auswertelektronik sind in einem kompakten Aluminiumgehäuse untergebracht. Über einen, an den Farbsensor angeschlossenen, Lichtwellenleiter erfolgt sowohl die Beleuchtung als auch die Messung.

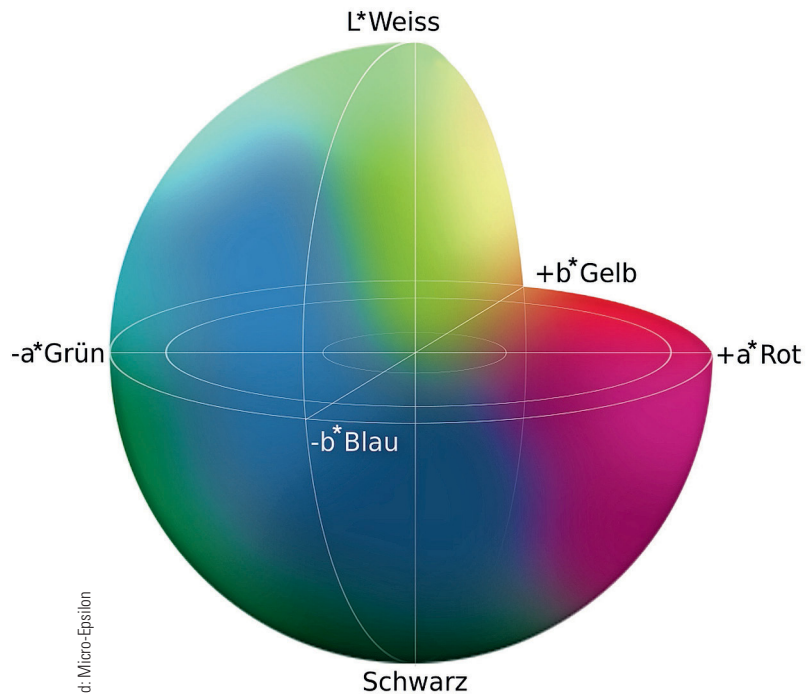


Bild: Micro-Epsilon

Der  $L^*a^*b^*$ -Farbraum, der sich zur Farbprüfung in der Industrie etabliert hat, umfasst alle für das menschliche Auge erkennbare Farben

Verfügung, bei dem 24 Beleuchtungsoptiken ringförmig unter einem Messwinkel von  $45^\circ/0^\circ$  angeordnet sind. Diese Anordnung sorgt für eine konstante und homogene Ausleuchtung, wodurch die Messung zudem unabhängig von der Drehlage des Objekts ist. Und auch an kleineren Messobjekten oder an gekrümmten Oberflächen lassen sich damit zuverlässige Farbmessungen durchführen. Für Farbmessung an transparenten Objekten wie Folien oder Glas wird der Transmissionssensor ACS3 benötigt, bei dem Beleuchtung und Empfänger gegenüber  $180^\circ/0^\circ$  angeordnet sind. Mit diesem Empfangssensor können auch die Farben von Selbstleuchtern vermessen werden – eine Beleuchtungseinheit ist dabei nicht notwendig. Farbmessungen sind in zahlreichen industriellen Anwendungen unverzichtbar, um die geforderte Qualität garantieren zu können. Ein typisches Beispiel dafür ist die Automobilindustrie.

### Farben normgerecht beschreiben

Auf Basis der menschlichen Farbempfindungen lassen sich Farben unterschiedlich beschreiben: Seit 1931 sorgt der von einer internationalen Kommission festgelegte Normfarbraum CIE 1931 für Vergleichbarkeit. Er beruht auf einer Studie, bei der das Farbempfinden von Probanden untersucht wurde. Gleichzeitig wurden Parameter, wie Beobachtungsbedingungen und Beleuchtung, festgelegt, sodass eine Vergleichbarkeit bei Farbmessungen gegeben ist. In technischen Anwendungen ist dagegen eher der CIELAB-Farbraum gebräuchlich, der sich aus dem Normfarbraum durch Transformation erzeugen lässt. Die Koordinaten dieses Farbraums sind L als Maß für die Helligkeit, a für die Grün-/Rot-Buntheit und b für die Blau-/

Gelb-Buntheit. Der Vorteil dieses Farbraums liegt darin, dass jeder Bunt-Ton, der vom menschlichen Auge als separate Farbe wahrgenommen wird, ein gleiches Volumen einnimmt. Weniger gebräuchlich ist der HSV/HSI-Farbraum. Die bei Bildschirmen und in der Drucktechnik verwendeten Farbräume RGB und CMYK sind wiederum deutlich kleiner als der CIE-Normfarbraum – sie können also nicht alle Farben abbilden, die das menschliche Auge erkennen kann, und sind somit für eine präzise industrielle Farbmessung ungeeignet. Ein weiterer wichtiger Parameter für industrielle Anwendungen ist der sogenannte Farbabstand Delta-E – der Abstand zweier Farben im Farbraum. Die Wahrnehmungsgrenze beim Menschen liegt hier je nach Farbe zwischen 0,5 und 1 – in der Automobilindustrie wird in der Regel ein  $\Delta E < 0,1$  gefordert.

Wenn die Beobachtungsgeometrie feststeht, ist die Farbe physikalisch gesehen ein reflektiertes Intensitätsspektrum im sichtbaren Wellenlängenbereich. Das Spektrum ist wiederum von der jeweiligen Beleuchtung abhängig, für die verschiedene Lichtquellen wie beispielsweise Glühlampen, Tageslicht, Leuchtstofflampen und kaltweiße LED definiert wurden. ik

[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)



Details zu den Farbmesssystemen,  
Farbsensoren und LED Analyzern  
von Micro-Epsilon:  
<http://hier.pro/X830q>

INFO  
elektro  
AUTOMATION