

# Color recognition system using “nearest neighbor” method

Frank Stüpmann, Ansgar Wego; Silicann Technologies GmbH Rostock, Joachim-Jungius-Str.9, D-18059 Rostock; Fred Grunert; MAZeT GmbH Jena, Göschwitzer Straße 32; D-07745 Jena

## Abstract

In most fields of industrial image processing tasks color recognition is essential (for example checking the paint of automobiles or calibrating active sources of light e.g. LEDs, computer displays). In particular, for high dynamic but simple color measurements a color detection sensor combined with a DSP creates a very efficient color recognition system.

## Aufgabenstellung

Ob bei Lackierungen, Leuchtdioden, Bildschirmen, Druckerzeugnissen, Textilien, Kunststoffen – immer ist die Farbe ein wichtiges Produktmerkmal, das „einfach stimmen“ muss. Die zuverlässige Kontrolle und Steuerung des Produktmerkmals Farbe ist daher eine Aufgabe, die in vielen Branchen gelöst werden muss. Aber wann „stimmt“ die Farbe und wer entscheidet das? Letztendlich ist es der Verbraucher oder Anwender eines Produktes, der die Farbqualität beurteilt. Das menschliche Farbempfinden ist dabei das entscheidende Kriterium, ob die Farbe „stimmt“. Für den Hersteller eines Produktes ist daher sehr wichtig, den „visuellen Eindruck“ des Menschen in der technischen Farbprüfung zuverlässig nachbilden zu können.

Dies ist mit dem Stand der Technik bei Farbsensorsystemen nur eingeschränkt möglich, da die Farbverarbeitung dieser Sensorsysteme nicht der des menschlichen Farbempfindens entspricht. Das heißt, das Prüfergebnis „Gut/Schlecht“ fällt in einer signifikanten Anzahl von Fällen anders aus, als der Mensch dies beurteilen würde, was eine erhebliche Hürde für die Automatisierung der Farbkontrolle – z.B. in der Fertigung – darstellen kann.

In diesem Beitrag wird ein neuartiges Farbsensorsystem vorgestellt, welches die “nearest neighbor“-Methode zur Klassifikation benutzt. Als Primärsensor des hier beschriebenen perzeptiven Farbsensor-Systems wird der MTCS-True-Color-Sensor eingesetzt. Er bildet die Grundlage zur empfindungsgemäßen Signalverarbeitung im System. Das Farbsensor-System realisiert – ausgehend von der Normspektralwertfunktion des Primärsensors – alle gängigen Farbraumtransformationen, insbesondere auch die DIN99-Transformation. Es ist daher ideal für eine dem menschlichen Farbempfinden angepasste Farbklassifikation geeignet. Bei geeigneter Kalibrierung des Sensor-Systems können auch absolute Farbmessungen vorgenommen werden.

## Verfahren zur Farbmessung und -prüfung

### Gleichheitsverfahren

Das Verfahren der visuellen Farbprüfung wird unter dem Begriff Gleichheitsverfahren in der DIN5033 Teil 5 [1] erläutert. Dieses Verfahren beruht auf Sichtprüfung – ggf. durch technische Hilfsmittel unterstützt – und steht daher einer Automatisierung entgegen.

Es ist für den Hersteller von Produkten insofern außerordentlich bedeutsam, da jeder Anwender oder Verbraucher des Produktes dieses Verfahren (unbewusst und nicht unter Normbedingungen) zur Beurteilung der Farbqualität einsetzt.

Zur Automatisierung der Farbprüfung bieten sich grundsätzlich zwei Verfahren an [3]:

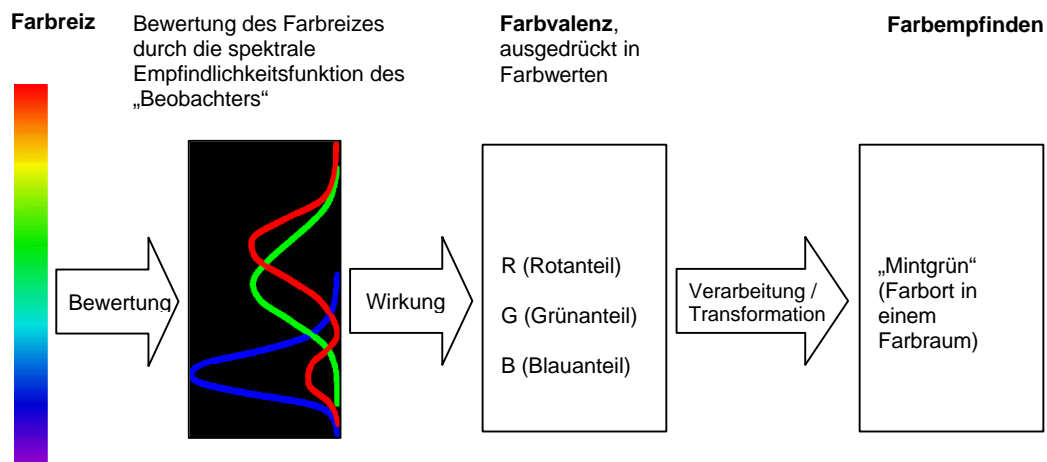
	<b>Spektroskopische Verfahren</b>	<b>Dreibereichs-(RGB)-Verfahren</b>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe Genauigkeit</li> <li>- für Absolutmessungen geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preiswert</li> <li>- klein</li> <li>- schnell</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aufwändig/voluminös</li> <li>- langsam</li> <li>- teuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eingeschränkte Genauigkeit</li> <li>- ohne aufwändige Kalibrierung nur Relativmessungen möglich</li> </ul>

### Spektroskopische Verfahren

Spektroskopische Verfahren werten jeweils die gesamte vom Messgerät erfasste spektrale Verteilung des vom Messobjekt (passiv) zurück gestreuten oder (aktiv) emittierten Lichtes aus. Sie werden in der DIN5033 Teil 4 [1] erläutert.

### Dreibereichs- bzw. RGB-Verfahren

Das Dreibereichsverfahren ist in der DIN5033 Teil 6 [1] erläutert. Dreibereichs- bzw. RGB-Verfahren entsprechen in ihrem Ansatz der Farbsignalverarbeitung des Menschen. [2]



**Abb. 1: Die drei Stufen der „Farbstehung“**

Die RGB-Verfahren nutzen die Tatsache aus, dass sich mit drei unabhängigen Spektralverteilungen grundsätzlich jede für das menschliche Auge sichtbare Farbe darstellen lässt. Denn auch das Auge besitzt lediglich spektrale Empfindlichkeitsverteilungen mit Empfindlichkeitsmaxima in den Bereichen Rot, Grün und Blau (Abb. 1).

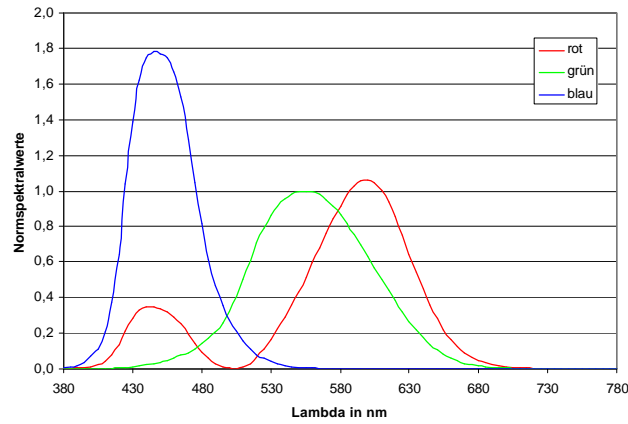
Die drei voneinander unabhängigen spektralen Empfindlichkeitsverteilungen werden als *Spektralwertfunktion* bezeichnet.

Die Empfindlichkeitsverteilung des „Beobachters menschliches Auge“ für die Komponenten ROT, GRÜN und BLAU erzeugt also für eine konkrete Farbe konkrete Werte  $r_i, g_i, b_i$ . Es ist nachvollziehbar, dass die (andere) Empfindlichkeitsverteilung des „Beobachters halbleiterbasierter RGB-Sensor“ nicht zwangsläufig die gleichen Farbwerte erzeugt.

Um eine Vergleichbarkeit der Aussagen menschlicher „Beobachter“ zu erreichen, ergibt sich die Notwendigkeit, die zugrunde liegenden Spektralwertfunktionen zu normieren.

Die CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) hat solche *Normspektralwertfunktionen* durch Mittelwertbildung aus einer ausreichenden Anzahl von individuellen Spektralwertfunktionen farbennormalsichtiger Beobachter ermittelt und in den Standards CIE1931 und CIE1964 festgelegt (Abb. 2).

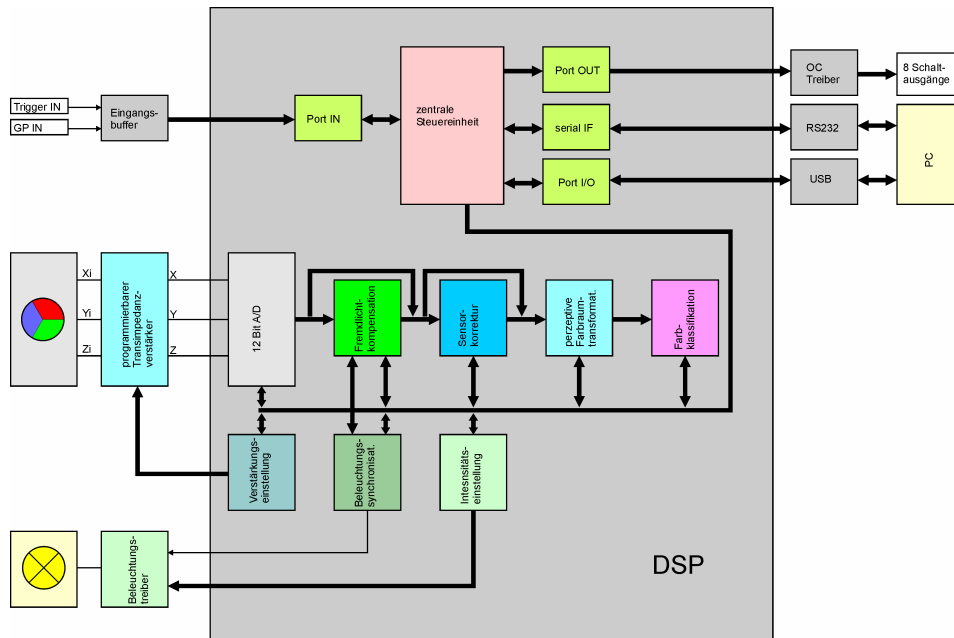
Die Normfarbwerte werden mit X, Y und Z bezeichnet, um sie von nicht normierten RGB-Werten zu unterscheiden.



**Abb. 2: Normspektralwertfunktion für einen 2°-Normalbeobachter**

Das vorgestellte Sensor-System verwendet mit dem MTCS-True-Color-Sensor der MAZeT GmbH ein Primärsensor-Element, welches in seiner spektralen Empfindlichkeitsverteilung die Spektralwertfunktion des menschlichen Auges abbildet.

**Perzeptives Farbsensor-System PCS-II**



**Abb. 3: Funktionsblockbild des Farbsensor-Systems PCS-II**

Die Stromsignale des MTCS werden mittels Transimpedanzwandler in Spannungen überführt und vom A/D Umsetzer mit 12 Bit pro Farbkanal digitalisiert. Die Verstärkung des Transimpedanzwandlers ist in 4 Stufen per Software programmierbar, so dass ein weiterer Eingangsbereich abgedeckt wird.

Da im realen Betrieb des Sensorsystems Störlichteinflüsse unvermeidbar sind, wurde zur Verbesserung der Verarbeitungsrobustheit eine dynamische Störlichtunterdrückung implementiert. Diese erfolgt durch Differenzsignalbildung und zweiphasige Objektbeleuchtung. Der Störlichtanteil, welcher in beiden Phasen der Objektbeleuchtung vorhanden ist, wird auf diese Weise eliminiert [3,4].

Die eingebaute Weißlichtquelle zur Objektbeleuchtung liefert bei ca. 1W elektrischer Leistung einen Lichtstrom von mindestens 18 lm. Die Intensität der Lichtquelle ist per Software steuerbar. Zur Prüfung von selbstleuchtenden Objekten wie etwa Lumineszenzdiolen oder Glühlampen kann die eingebaute Lichtquelle abgeschaltet werden. In diesem Fall kann ebenfalls eine Störlichtkompensation erfolgen, wenn das Schaltsignal zum Einschalten des Prüflings gleichzeitig dem Triggereingang des Farbsensorsystems zugeführt wird.

Das Farbsensorsystem realisiert – ausgehend von der Normspektralwertfunktion des Primärsensors – alle gängigen Farbraumtransformationen, insbesondere auch die DIN99 Transformation. Zur Erfüllung der Signalverhältnisse der Normspektralwertfunktionen wird eine Signalkorrektur durchgeführt. Die Farbraumtransformationen dienen der empfindungsgemäßen Verzerrung des XYZ-Farbraumes des Primärsensors.

Daher ist das Sensorsystem ideal für eine dem menschlichen Farbempfinden angepasste Farbklassifikation geeignet.

Zur Parametrierung und zum „Teach-In“ der Farbwerte ist eine PC Software vorhanden. Die Kommunikation erfolgt per RS232 oder USB Schnittstelle. Der Sensor selbst arbeitet nach erfolgtem „Teach-In“ und nach Parametrierung unabhängig vom PC. Das Prüf- oder Klassifikationsergebnis steht an 8 Open-Collector Ausgängen und zusätzlich an den Kommunikationsschnittstellen zur Verfügung.

Die Abbildung 4 zeigt Screenshots der Parametrier-Software. Im linken Bild sind die Funktionen des Parametriermodus zur Einstellung der Sensorsignale sowie der verschiedenen Verarbeitungsvarianten zu sehen. Im rechten Bild ist der „Teach-In“ Modus abgebildet. Das „Einlernen“ von Farben erfolgt einfach per Knopfdruck.



Abb. 4: Screenshots der Parametrier-Software

Bei geeigneter Kalibrierung des Sensor-Systems mittels Farbtargets können auch absolute Farbmessungen vorgenommen werden.

#### Literaturverzeichnis:

- [1] DIN5033: „Farbmessung“
- [2] Büring, Hendrik: "Eigenschaften des Farbenraumes nach DIN 6176 (DIN99-Formel) und seine Bedeutung für die industrielle Anwendung", 8. Workshop Farbbildverarbeitung der German Color Group, Ilmenau, Oktober 2002, pp. 11-17, ISSN 1432-3346
- [3] Stüpmann, Grunert, Wego: "Farbe sehen wie der Mensch"; Elektronik 13/2005; pp. 46-52; WEKA Fachzeitschriften-Verlag
- [4] Stüpmann, Wego: "Color Recognition Using High Speed Single Chip Color Processor"; Embedded World; Nürnberg; 22-24. Februar 2005