

01 Farbsensoren mit implementiertem gleichabständigen Farbraum (Cromlaview-Serie, Astech GmbH)



Sicher parametrieren

Farbüberwachungssysteme – farbmessische Kenntnisse und Normungen richtig anwenden

A. Wego, G. Geske, D. Strandt

Die Anforderungen an die farbliche Qualität gefertigter Produkte sind auf einem hohen Niveau. In der Vergangenheit wurde eine visuelle Prüfung häufig manuell durch Personen durchgeführt. Das heutige Ziel ist eine vollständig automatisierte Qualitätssicherung. Dazu eignen sich Farbsensoren oder Farbmessgeräte. Doch wie müssen diese Systeme eingestellt werden, damit zulässige Farbabweichungen toleriert, unzulässige aber sicher ausgeschlossen werden?

Ansgar Wego, Professor an der Hochschule Wismar; Gundolf Geske ist Bereichsleiter Farbsensorik bei der ASTECH Angewandte Sensortechnik GmbH in Rostock; Daniel Strandt ist Applikationsingenieur bei der ASTECH Angewandte Sensortechnik GmbH in Rostock

ΔE	Bewertung
0 - 1	nicht oder kaum sichtbarer Farbunterschied
1-2	Farbunterschied nur von geschultem Auge erkennbar
2 - 3,5	Farbunterschied auch von ungeschultem Auge erkennbar
3,5 - 5	starke Abweichung
über 5	sehr starke Abweichung

Die Basis für jede Farbüberwachung bildet ein spektralselektives optisches Messsystem. Eine Farbüberwachung kann generell durch einen relativen Farbvergleich oder durch Messung von Farbmaßzahlen auf absoluter Basis erfolgen. Bei einem relativen Farbvergleich kommt es hauptsächlich auf die Auflösung und die Reproduzierbarkeit des Gerätes an, nicht aber auf den zugrundeliegenden Zahlenwert der Farbe [1]. Dagegen spielt für eine Farbüberwachung auf Basis von Farbmaßzahlen die absolute Genauigkeit der Zahlenwerte eine zentrale Rolle.

Messung von Farbmaßzahlen

Für die Erfassung von Farbmaßzahlen werden die Vorschriften nach DIN 5033 herangezogen. Die heute verfügbaren Messgeräte und Sensoren verwenden entweder das in der Norm beschriebene Spektralverfahren oder das Dreibereichsverfahren. Mittels Spektralverfahren lassen sich Farbmaßzahlen gewinnen, die auf verschiedene Lichtarten (z. B. A, C, D65 usw.) bezogen werden können, da die vorliegenden Spektralwerte rechnerisch in die Farbmaßzahlen eingehen. Beim Dreibereichsverfahren sind die gewonnenen Farbmaßzahlen aufgrund der fehlenden spektralen Information dagegen untrennbar mit der verwendeten Lichtart verknüpft. Ein Vergleich von Farbmaßzahlen ist nur bei Verwendung derselben Lichtart zulässig. Weiterhin ist auch die verwendete Messgeometrie anzugeben, unter der die Farbmaßzahlen aufgenommen wurden, da die Geometrie der Messanordnung einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Farbmessgeräten liegt meist das Spektralverfahren als Messmethode zugrunde. Wegen der prinzipbedingten besseren Kalibriermöglichkeiten und Lichtartunabhängigkeit erreichen Farbmessgeräte nach dem Spektralverfahren eine hohe absolute Messgenauigkeit.

Farbüberwachung durch relativen Farbvergleich

Für vergleichende Farbüberwachungen genügen prinzipiell Farbsensoren nach dem Dreibereichsverfahren. Diese eignen sich wegen

ihrer hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit und ihres geringen Preises gut für die industrielle Prozessautomation. Wie nachfolgend noch erklärt wird, müssen Farbsensoren zur richtigen Farbabstandsbewertung einen gleichabständigen Farbraum – wie z. B. den L*a*b*-Farbraum – beherrschen. Dies ist allerdings bei den am Markt verfügbaren Farbsensoren bislang nur bei wenigen Fabrikanten der Fall. Als ein Beispiel für Farbsensoren mit implementierten gleichabständigen Farbräumen sei die Cromlaview-Serie des Herstellers Astech GmbH genannt (**Bild 1**).

Die Auswahl eines geeigneten Farbüberwachungssystems hängt hauptsächlich vom Einsatzzweck ab – aber auch von den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln. Einige Fragestellungen zur Auswahlhilfe können wie folgt formuliert werden:

- Kontinuierliche oder stichprobenartige Farbüberwachung?
- Farbüberwachung im Prozess (zum Beispiel in einer Maschine) oder unter Laborbedingungen?
- Anforderungen an Schutzgrad und Baugröße?
- Farbmaßzahlen von Interesse?
- Messgeschwindigkeit-Anforderungen?
- Mehrere Messstellen?

Je nach Beantwortung der Fragen eignen sich entweder genaue, aber teurere und langsamere Farbmessgeräte oder schnelle und preiswerte, dafür ungenauere Farbsensoren für die Anwendung besser [2].

Ermittlung von Farbgrenzwerten bei der Farbüberwachung

Sowohl bei der vergleichenden Farbüberwachung mittels Farbsensoren als auch bei der Farbmessung müssen geeignete Grenzwerte für zulässige Farbabweichungen festgelegt werden, da eine exakte Einhaltung von Farbwerten technisch nicht realisierbar und wirtschaftlich auch nicht sinnvoll ist. Wo aber liegen diese Grenzwerte? Diese Frage kann nicht ausschließlich technisch beantwortet werden. Der Grund hierfür liegt in der Eigenschaft von Farbe als eine menschliche Sinnesempfindung. Farbe ist keine physikalische Messgröße. Der Maßstab für Farbgrenzwerte wird daher durch die

BILDVERARBEITUNG FÜR DIE INDUSTRIE



Entdecken Sie, wie leistungsfähige Bildverarbeitungs-Systeme und intelligente Kameras von Europas größtem Technologielieferanten Ihre Prozesse optimieren und Sie weiterbringen.

Profitieren Sie von den Spitzenprodukten führender Hersteller, unserer Kompetenz und einem Service, der Sie stärker macht!

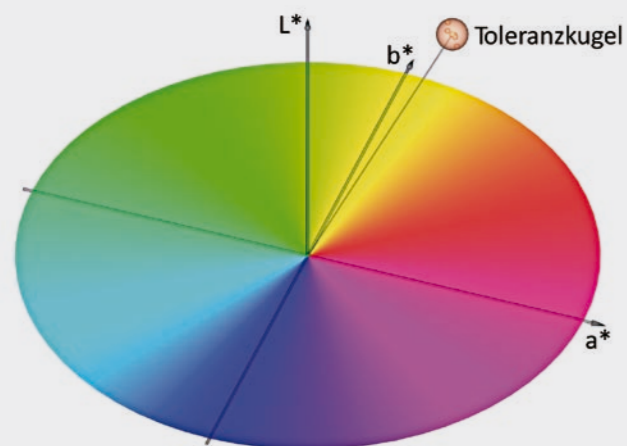
Imaging is our passion.

Telefon +49 89 80902-0
www.stemmer-imaging.de

- ▶ IDENTIFIZIEREN
- ▶ VERMESSEN
- ▶ ÜBERPRÜFEN
- ▶ INSPIZIEREN
- ▶ POSITIONIEREN

▶ AUTOMATICA 2012, MÜNCHEN, 22.-25. MAI, HALLE B2, STAND 103





02 Gleichabständiger L*a*b*-Farbraum mit eingezeichneter Toleranzkugel um streuende Farbwerte

Farbempfindung geschulter Personen vereinbart. Aus empirischen Untersuchungen einer Vielzahl von normalfarbsichtigen Probanden gibt es auch den Ansatz, allgemeingültige Bewertungen für Farbunterschiede festzulegen. Diese Farbunterschiedsbewertungen werden oft zur Qualitätsbeurteilung von Farbabweichungen (ΔE) verwendet. Die **Tabelle** auf Seite 82 gibt typische Bewertungsmaßstäbe wieder.

Die ΔE -Angaben der Tabelle basieren auf Abstandsberechnungen im L*a*b*-Farbraum nach Gleichung (1). Im L*a*b*-Farbraum (**Bild 2**) werden Farbunterschiede, die als gleich empfunden werden, auch weitestgehend geometrisch gleichabständig im Farbraum abgebildet [3].

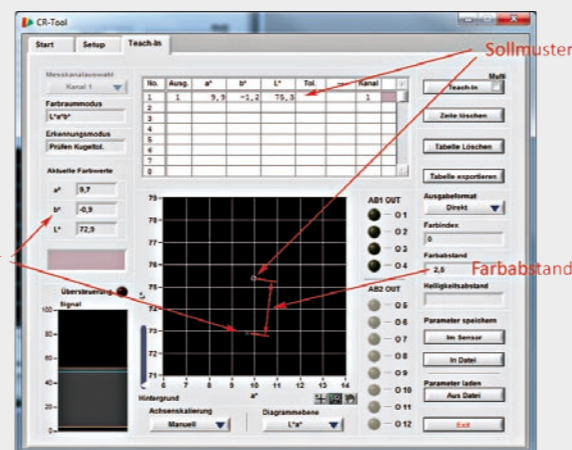
$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (1)$$

Die Farbabstandsbewertungen laut der Tabelle und Gleichung (1) liefern indes in vielen praktischen Anwendungsfällen keine befriedigenden Ergebnisse. Die Ursache liegt hauptsächlich in der nicht idealen Gleichabständigkeit des L*a*b*-Farbraums. Aus diesem Grunde entstanden in den vergangenen Jahren eine Reihe spezieller Abstandsformeln, die bestimmte farbortabhängige Korrekturfaktoren zur besseren Bewertung verwenden. Beispiele sind die Abstandsformeln nach CMC, CIE94, oder CIEDE2000. Es gibt aber aus einschlägigen Berichten Hinweise dafür, dass auch mit diesen Abstandsformeln nicht immer zufriedenstellende Ergebnisse bei der Beurteilung von Farbunterschieden erzielt werden. Darüber hinaus haben sich bestimmte Formeln nur in einigen Branchen etabliert und sind damit nicht universell verwendbar.

Es existiert neben den modifizierten Farbabstandsformeln auch noch ein modifizierter LAB-Farbraum, der in der DIN 6176 definiert wird (Farbkoordinaten L99, a99, b99). Da dieser Farbraum durch geeignete Transformationen in seiner Gesamtheit modifiziert wurde, kann ein Farbabstand hier wieder mit der einfachen ΔE -Formel nach Gleichung (1) berechnet werden. Die Ergebnisse der Farbabstandsbewertungen im L99a99b99-Farbraum gleichen indes denen der CIE94 bzw. CIEDE2000 Formeln [4].

Parametrierung mittels Soll- und Grenzmuster

Eine praktische und sichere Möglichkeit zur Ermittlung von Farbrenzwerten besteht in der Verwendung von physischen Soll- und Grenzmustern. Dazu müssen farbliche Varianten der entsprechenden Produkte mit akzeptierten Farbabweichungen gesammelt werden. Die Muster mit maximalen akzeptierten Farbabweichungen zum Sollmuster werden Grenzmuster genannt. Hier kann



03 Toleranzwertbestimmung aus Farbabstand (Parametriersoftware „CR-Tool“, Astech GmbH)

die Erfahrung von farbsehgeschultem Personal gezielt genutzt werden. Wichtig ist, dass der Kunde die Grenzmuster akzeptiert, um spätere Reklamationen zu vermeiden. Aus der Berechnung des Farbabstands ΔE der Grenzmuster zum Sollmuster nach Gleichung (1) kann dann der Toleranzwert zuverlässig bestimmt werden. Für diese Vorgehensweise bieten heutige moderne Sensor-Parametrierprogramme entsprechende Funktionen an (**Bild 3**).

Lagerung von Soll- und Grenzmustern

Die Soll- und Grenzmuster dienen als Referenzen und stellen damit die Basis für das Farbqualitätssystem dar. Bei den zurückgelegten Musterteilen ist zu beachten, dass diese auch einer Alterung unterliegen. Eine sorgfältige Lagerung an einem sicheren Ort ist daher empfehlenswert. Dabei ist besonders auf die Lagertemperatur und die Lichtexposition der Teile zu achten. Insbesondere kurzwelliges Licht (UV-Licht) wirkt auf viele Farbstoffe und Kunststoffe farbverändernd. Zu hohe Lagertemperaturen beschleunigen ebenfalls den Alterungsprozess und tragen zu einer Farbveränderung der Teile bei.

Resümee

Die Qualität von Farbüberwachungssystemen hängt nicht nur von der verwendeten Farbmess-technik ab. Entscheidend ist auch die richtige Parametrierung der Farbrenzwerte. Wegen der sinnesphysiologischen Natur von Farbe sind für die Ermittlung der Grenz- werte insbesondere die Erfahrungen farbgeschulter Personen wertvoll. Eine sichere Methode zur Parametrierung von Farbrenz- werten besteht in der Verwendung von Grenzmusterteilen. Diese sollten zum Schutze vor Veränderungen sicher gelagert werden.

Hochschule Wismar www.vfmz.net/3262270

Astech www.vfmz.net/1232540

Literaturhinweis:

- [1] A. Wego, G. Geske: Korrekte Erkennung von Farben und Oberflächen mit Farbsensoren, Photonik, Ausgabe 5, S.38-42
- [2] A. Wego, G. Geske, V. Ahrendt: Perzeptiver Dreibereichsfarbsensor vs. Spektralfotometer - Auswahlkriterien für Messgeräte zur Farbmaßzahlerfassung in der Industrieautomation, Sensor Report 6/2011, S. 8-11
- [3] Beuth-Verlag: DIN EN ISO 11664-4: Farbmessung - Teil 4: CIE 1976 L*a*b* Farbraum
- [4] H. Büring: Eigenschaften des Farbenraumes nach DIN 6176 (DIN99-Formel) und seine Bedeutung für die industrielle Anwendung, 8. Workshop Farbbildverarbeitung der German Color Group, Ilmenau, Okt. 2002, pp. 11-17, ISSN 1432-3346

CONTROL FREAK



AUTOMATICA
INNOVATION AND SOLUTIONS
Halle B2, Stand 303



Echte Control Freaks – über alles wollen sie Bescheid wissen, alles wird gecheckt und alles wollen sie perfekt steuern.
Aber bei unserer täglichen Arbeit gilt es oft, diese Attitüden zu nutzen. Deshalb haben wir die mvBlueLYNX-X entwickelt. Aufgrund der hohen Rechenleistung und der umfangreichen Sensorpalette sind dieser intelligenten Kamera keine Aufgaben

zu komplex, keine Details zu unbedeutend und keine Tätigkeiten zu schnell. Durch ihre vielfältigen Schnittstellen lässt sie sich in Ihr System einfach integrieren, und dort begnügt sie sich mit kleinem Arbeitsraum und geringem Stromverbrauch. Die mvBlueLYNX-X – mit niedrigen TCO* – ist eben ein echter Nerd der begeistert: www.mv-control-freak.de

MATRIX VISION GmbH · Talstrasse 16 · 71570 Oppenweiler
Tel.: 071 91/94 32-0 · info@matrix-vision.de · www.matrix-vision.de



ERKENNEN ANALYSIEREN ENTSCHEIDEN