

White Paper

„True Color“-Sensoren - Farben sehen wie der Mensch

Autor: Dipl.-Ing. Christian Fiebach
Assistent der Geschäftsleitung

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
„Normalbeobachter“ bestimmt Mittelwert	4
Unterschiedliche Farbwahrnehmung	5
Normvalenzsystem	6
Dreidimensionales Farbsystem	7
Weitere Farbsysteme	9
Sensoren für die „True Color“-Detektion	10
Angabe von L*a*b*-Werten ist bei Farbsensoren nicht möglich	11
2D-Darstellungen	12
3D-Darstellungen	13
Verschiedene Modelle für unterschiedliche Aufgaben	14
Auch „Selbstleuchter“ bewerten	14
Große Detektionsbereiche	14
Passend für jede Oberfläche	15
Mittelwerte bewältigen schwierige Oberflächen	15
Applikationsbeispiele	16
1. Sortenreine Selektion von Glasflaschen	16
2. Farbmarkierungen auf Edelstahl	18
3. Automatisierte Lackprüfung	20

Einleitung

Applikationen, in denen Farben von Objekten sicher überprüft werden sollen, stellen die Sensorik immer wieder vor immense Herausforderungen. Vor allem die unterschiedlichen Eigenschaften von Oberflächen erschweren hierbei eine zuverlässige Farbbewertung. Warum ist das so? Und welche Lösungen bieten sich an? Um der Antwort dieser Fragen näher zu kommen, muss man zunächst wissen, zu welchen Leistungen das menschliche Auge bei der Farberkennung in der Lage ist.

Farbe ist ein Sinneseindruck, der durch äußere Reize des Auges hervorgerufen wird. Für die Farberkennung verfügt das menschliche Auge über unterschiedliche visuelle Rezeptoren: die Stäbchen und die Zapfen.

Bei vorangeschrittener Dämmerung oder bei nahezu vollständiger Dunkelheit kommen die 120 Millionen Stäbchen des Auges zum Einsatz, da sie im Vergleich zu den Zapfen eine höhere Lichtempfindlichkeit haben. Der Mensch ist dann nur in der Lage, zwischen hell und dunkel bzw. schwarz und weiß zu unterscheiden.

„Normalbeobachter“ bestimmt Mittelwert

Die über sechs Millionen Zapfen im Auge hingegen ermöglichen das farbliche Sehen bei Tageslicht oder bei eintretender Dämmerung, wobei man insgesamt drei Zapfentypen unterscheidet, die über unterschiedliche spektrale Empfindlichkeiten verfügen.

Ursprünglich wurden die relativen Empfindlichkeitskurven der drei Zapfentypen bzw. Farbzeptoren für die Rot-, Blau- oder Grünempfindung experimentell ermittelt. Da die Empfindlichkeitskurven der Augen von Person zu Person jedoch gewissen Schwankungen unterliegen, legte man durch Mittelwertbildung einen sogenannten „Normalbeobachter“ fest. (Abb. 1)

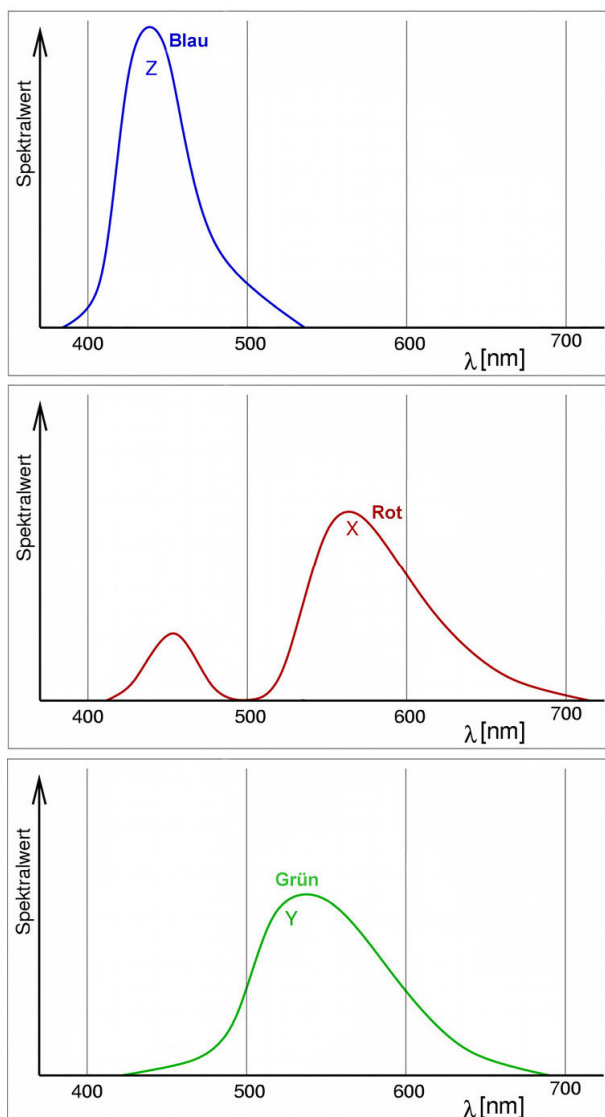


Abb. 1: Da die Empfindlichkeitskurven der Augen von Person zu Person gewissen Schwankungen unterliegen, legte man durch Mittelwertbildung einen sogenannten „Normalbeobachter“ fest.

Unterschiedliche Farbwahrnehmung

Farbwahrnehmungen werden sowohl durch Lichtquellen als auch angestrahlte Objekte hervorgerufen. Während Lichtquellen aufgrund der von ihnen ausgesendeten elektromagnetischen Strahlung selbst leuchten, reagieren Objekte je nach ihrer Beschaffenheit unterschiedlich. So absorbieren Objekte aus dem „weißen Licht“, das auf sie auftrifft, einige Wellenlängen. Die nicht absorbierten Wellenlängen werden in Form des von der Oberfläche reflektierten Lichts zurückgestrahlt. Das rückgestrahlte Licht besitzt daher eine andere spektrale Zusammensetzung, als das auf der Oberfläche auftreffende Licht. Wird das Licht vollständig absorbiert, erkennt der Mensch die Oberfläche in der „Farbe“ Schwarz. Zusätzlich wird die in das Auge einfallende elektromagnetische Strahlung, die vom Objekt reflektiert respektive von der Lichtquelle abgestrahlt wird, mit der spektralen Empfindlichkeit der drei Zapfentypen bewertet, wie das Beispiel in Abb. 2 verdeutlicht.

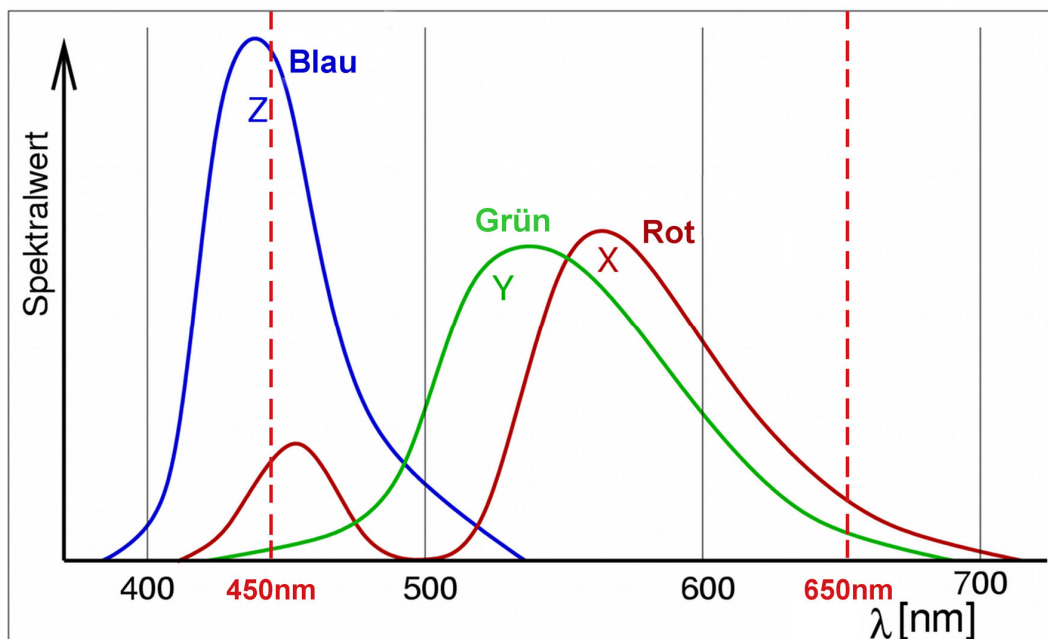


Abb. 2: Die Strahlung der Wellenlänge 450nm ruft eine Reaktion in allen drei Zapfentypen (Rot-/Blau-/Grünempfindung) hervor, wohingegen die Strahlung einer Wellenlänge von 650nm nur eine Rot-/Grünempfindung auslöst.

Normvalenzsystem

Zur Beschreibung der Farbwahrnehmung definierte die Internationale Beleuchtungskommission CIE (Commission internationale de l'éclairage) im Jahre 1931 das CIE-Normfarbsystem bzw. - Normvalenzsystem. Das System stellt eine Beziehung zwischen der menschlichen Wahrnehmung „Farbe“ und den physikalischen Ursachen des Farbreizes her und beschreibt somit die Gesamtheit wahrnehmbarer Farben.

In diesem System lässt sich jede Farbe durch ein Zahlentripel bzw. Koordinatentripel darstellen, das für die drei Anteile der normierten Grundfarben (X=Rotanteil, Y=Grünanteil, Z=Blauanteil) steht. Die Grundfarbanteile werden auch als Normfarbwerte bezeichnet.

Um den von einem Betrachter wahrgenommenen dreidimensionalen Farbraum übersichtlicher darstellen zu können, entwickelte man die zweidimensionale CIE-Normfarbtafel. Hierzu wurden die Normfarbwerte X, Y und Z in die sogenannten Normfarbwertanteile x, y und z überführt.

$$x = \frac{x}{x + y + z} \quad y = \frac{y}{x + y + z} \quad z = \frac{z}{x + y + z}$$

Aufgrund der Beziehung $1 = x + y + z$ kann auf die Angabe des Normfarbwertanteils z verzichtet und die Farbart in der zweidimensionalen Normfarbtafel dargestellt werden.

Zwar geben die Anteile der Normfarbwerte Auskunft über die Art der Farbe, aber nicht über deren Helligkeit. Daher ist zusätzlich ein Helligkeitsmaß notwendig. (Abb. 3)

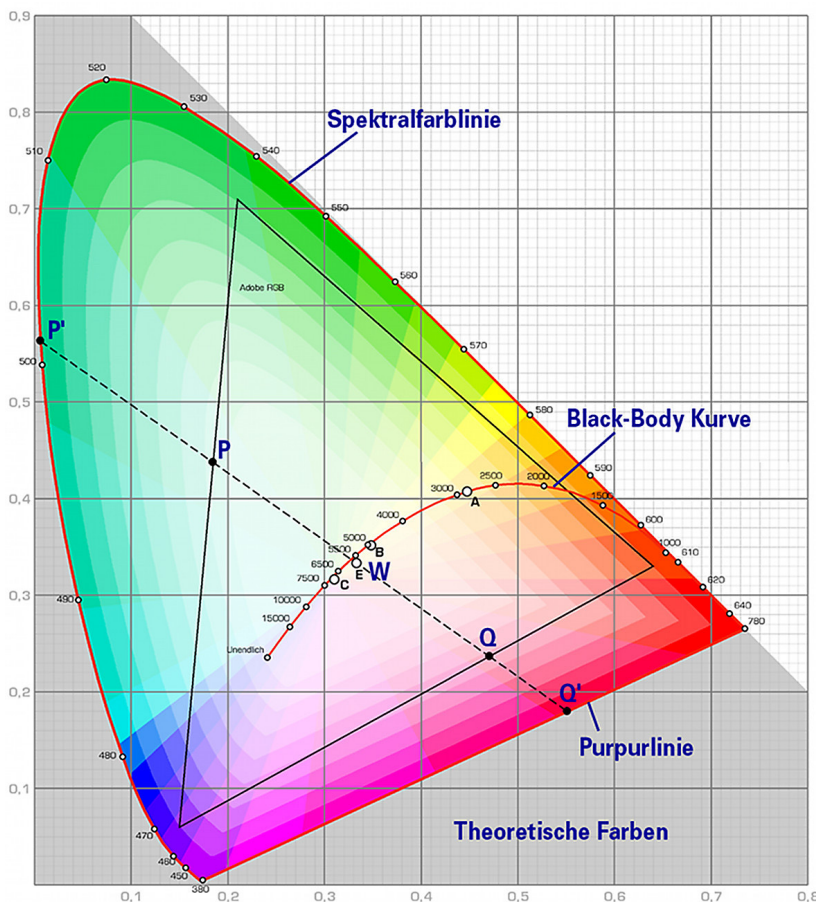


Abb. 3: Die Gesamtheit möglicher Farben (ohne Berücksichtigung der Hell-Dunkel-Varianten) werden durch die Spektralfarblinie die das Hufeisen umgrenzt (spektral reine Farben), sowie die untere Purpurlinie eingefasst.

Bildquelle Wikipedia: GNU Free Documentation Licence

Dreidimensionales Farbsystem

Zur Bestimmung von „Farbunterschieden“ ist die Normfarbtafel jedoch nicht geeignet, da der dort abgebildete Abstand zwischen zwei Farborten bzw. Farbkoordinaten nicht den Unterschied wiedergibt, den man bei der Betrachtung der Farben empfindet. Die CIE entwickelte daher u.a. aus dem CIE-XYZ-Modell das dreidimensionale $L^*a^*b^*$ -Farbsystem. (Abb. 4)

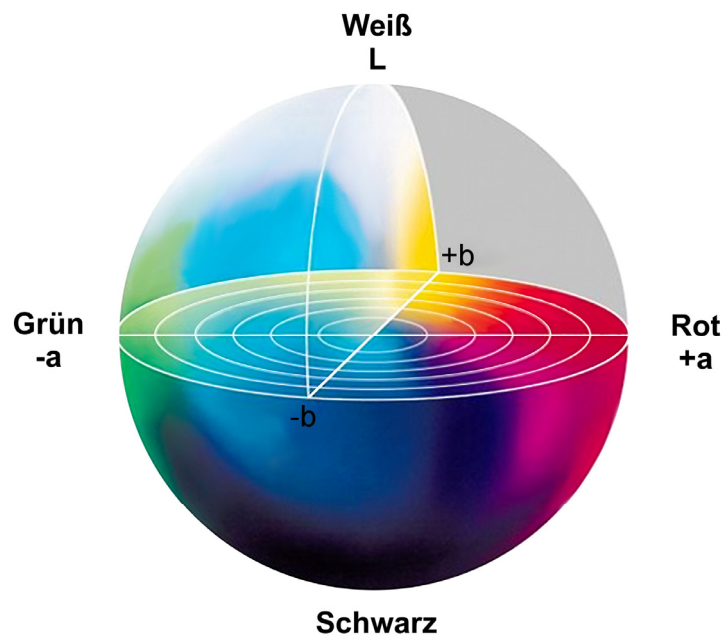


Abb. 4: Dreidimensionales L*a*b* Farbsystem.

Die Umrechnung der X-, Y- und Z-Koordinaten in das L*a*b*-System erfolgt nach folgenden Formeln:

$$\text{Helligkeit: } L^* = 116 \cdot \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - 16$$

$$\text{Grün-Rot: } a^* = 500 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{X}{X_n}} - \sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} \right)$$

$$\text{Gelb-Blau: } b^* = 200 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{Y}{Y_n}} - \sqrt[3]{\frac{Z}{Z_n}} \right)$$

Die Normierungswerte X_n , Y_n und Z_n sind dabei abhängig von der verwendeten Lichtquelle (üblicherweise gemäß EN-Norm die Normlichtart D65). In vielen Bereichen spielen außerdem auf spezielle Anwendungen angepasste Modelle eine Rolle:

Weitere Farbsysteme

LMS-System:	Der physiologische Farbraum der auf den spektralen Empfindlichkeiten der L-, M-, S-Zapfen aufbaut.
RGB-System:	Computermonitore, Internetstandard
CMYK-System:	Desktoppublishing, Druck-Endstufe
HSV-System: (mit den Varianten HSL, HSB, HSI)	Design, Dokumentation von Malerei, Videokunst
LCh°-System:	Bezeichnet keinen weiteren Farbraum im eigentlichen Sinne, sondern die Darstellung von HSV, LUV oder LAB in Polarkoordinaten
 1 2 3-System:	Rechentechnisch optimierter Raum der Bildverarbeitung
YCbCr-System: (manchmal kurz YCC genannt, vgl. unten)	Digitales Fernsehen, sowohl digitales PAL als auch digitales NTSC, DVB, JPEG, MPEG, DVD-Video
xvYCC-System:	Gegenüber YCbCr erweiterter Farbraum, der die gesamten 8 Bit pro Farbkanal nutzt und für neue Flachbildschirme verwendet werden kann
YPbPr-System:	Analoges HDTV, analoges Component Video
YUV-System:	Für analoges PAL und NTSC
YIQ-System:	Veraltet, früher verwendet bei analogem NTSC
YDbDr-System:	Für analoges SECAM
YCC-System:	Kodak Photo CD

Sensoren für die „True Color“-Detektion

Mit Blick auf eine „True Color“-Detektion (Farben sehen wie der Mensch) stehen mit den Serien OF34, OF50, OF63 und OF65 (Abb. 5) von ipf electronic eine Familie an Farbsensoren zur Verfügung, die speziell für diese Aufgabe entwickelt wurden. Die „True Color“-Detektion wird ermöglicht, indem die Empfindlichkeiten der integrierten Sensorempfänger für die Grundfarbanteile (R=rot, G=grün, B=blau) dem Empfindlichkeitsverhalten der menschlichen Sinneszellen, genauer der Zapfen, angepasst wurden. Somit wird das menschliche Farbsehen gewissermaßen durch die Geräte simuliert, allerdings mit dem entscheidenden Vorteil, dass deren Auswertegeschwindigkeit wesentlich höher ist.

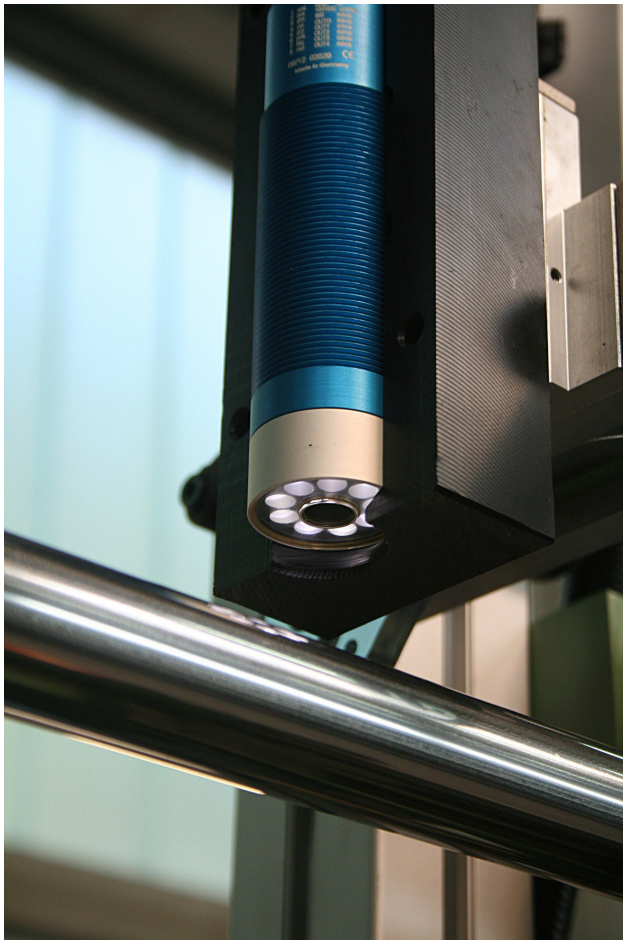


Abb. 5: „True Color“-Sensor der Serie OF34

Die Simulation des menschlichen Farbsehens ist entscheidend dafür, auch sehr ähnliche Farben mit den Sensoren unterscheiden zu können, denn ändert sich bei der zu detektierenden Strahlung die Wellenlänge, ändert sich bei einem „True Color“-Empfänger immer auch das Signal von mindestens zwei Empfängerelementen. Bei konventionellen Farbbempängern kann die Signaländerung hingegen auf einen Empfänger beschränkt bleiben. (Abb. 6)

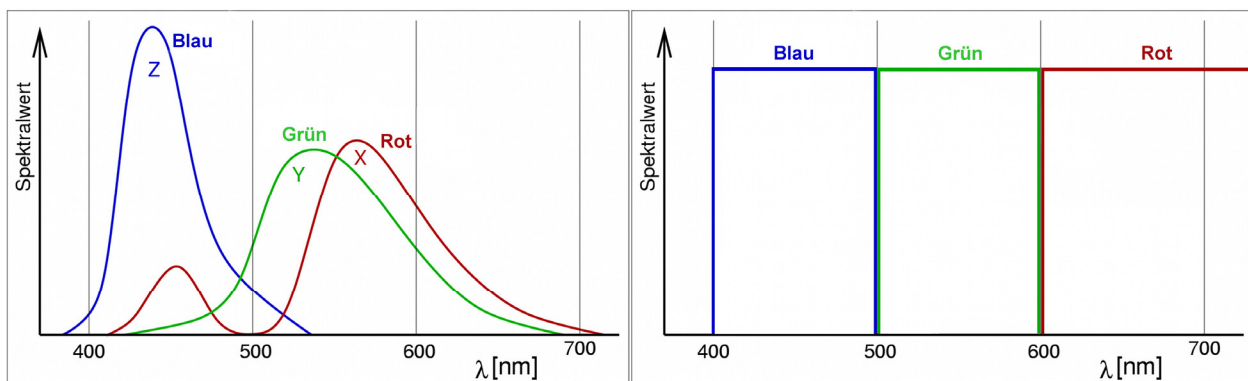


Abb. 6: Links „True Color“-Empfänger, rechts konventioneller Farbbempänger.

Angabe von $L^*a^*b^*$ -Werten ist bei Farbsensoren nicht möglich

In Anlehnung an die CIE-Normfarbtafel werden bei den Farbsensoren die Koordinaten für die Farbdarstellung und Bewertung aus den drei Signalen der True-Color-Empfänger (R, G, B) gebildet. Auch hier gilt wie bei der Formel auf Seite 6 die Beziehung $I = X + Y + Z$ wodurch wiederum eine Bewertung der Farbenart, nicht aber deren Helligkeit möglich ist. Daher wird zusätzlich ein Intensitätswert (INT) ermittelt.

Analog zum $L^*a^*b^*$ -Farbsystem steht auch bei den Farbsensoren ein weiteres Beschreibungsmodell zur Verfügung. Die Angabe von $L^*a^*b^*$ -Werten ist bei den Farbsensoren jedoch nicht möglich, denn weder die geforderte Messanordnung von Lichtquelle/Farbbempängern noch die Standardlichtquelle mit D65-Spektrum ist hier gegeben.

Die Koordinaten werden daher bei den Farbsensoren als s i M-Werte bezeichnet.

Für die Anzeige der Referenz- und Messwerte stehen zusätzlich zwei Darstellungsoptionen (2D und 3D) zur Verfügung.

2D-Darstellungen

Bei 2D-Darstellungen werden zur Auswertung aus den einzelnen Empfängersignalen für die Rot-, Grün- und Blauanteil entweder die X/Y-Pärchen oder s/i-Pärchen sowie die Intensitätswerte INT oder M berechnet. Für die X/Y- bzw. s/i-Koordinaten kann eine zulässige Abweichungstoleranz vorgegeben werden, genauso wie für die Intensitätsangabe INT bzw. M. Grafisch werden die Farbmesswerte in einer „Quasi-Normfarbtafel“ visualisiert, wobei hier auch die hinterlegten Farbreferenzwerte mit ihren jeweiligen Toleranzen abgebildet sind (Toleranzkreis). Zusätzlich wird die aktuell gemessene Intensität des empfangenen Lichtsignals angezeigt. (Abb. 7)

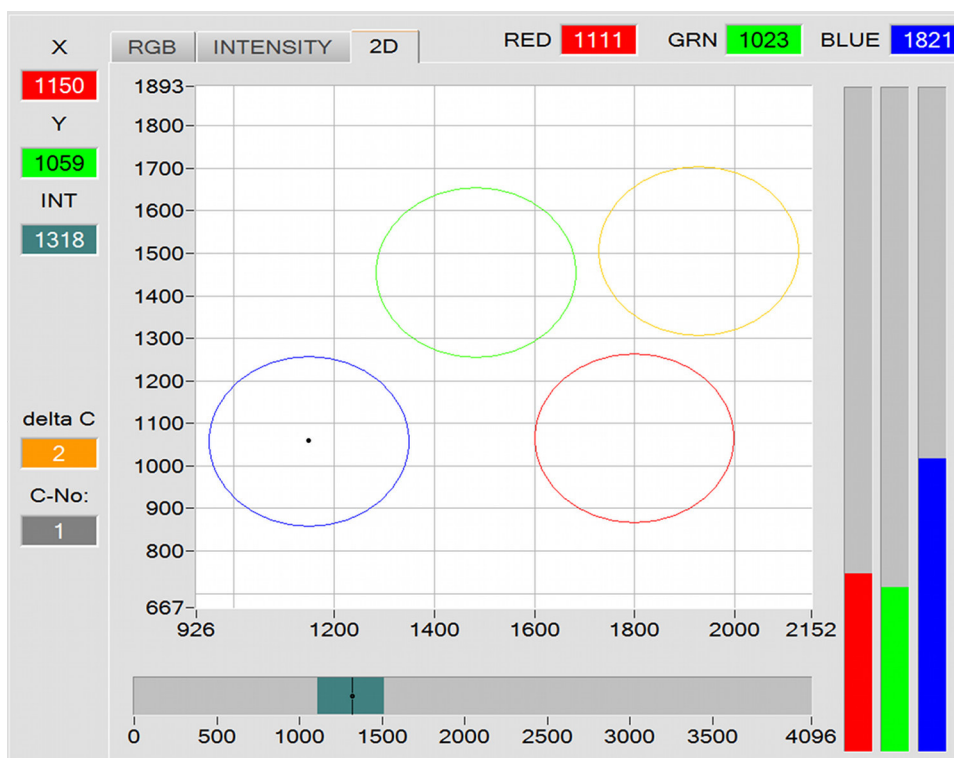


Abb. 7: Bei 2D-Darstellungen werden zur Auswertung aus den einzelnen Empfängersignalen für die Rot-, Grün- und Blauanteil entweder die X/Y-Pärchen oder s/i-Pärchen sowie die Intensitätswerte INT oder M berechnet.

3D-Darstellungen

Auch für 3D-Darstellungen werden aus den einzelnen Rot-, Grün- und Blauanteilen entweder X, Y und INT oder s, i und M-Koordinaten berechnet. Für dieses Koordinatentripel wird nun eine zulässige Abweichungstoleranz festgelegt. Es wird praktisch eine Kugel mit dem Radius „TOL“ um das Koordinatentripel im dreidimensionalen Raum aufgespannt. Zur Visualisierung der Toleranz-Kugeln für die hinterlegten Referenzwerte wird auf eine „Drei-Seiten-Ansicht“ zurückgegriffen. Hier werden die auf Basis der aktuellen Empfängersignale berechneten Koordinaten X/Y/INT bzw. s/i/M dargestellt. Zusätzlich werden die aktuell gemessenen Empfängerrohdaten für den Rot-, Grün- und Blauanteil angezeigt. (Abb. 8)

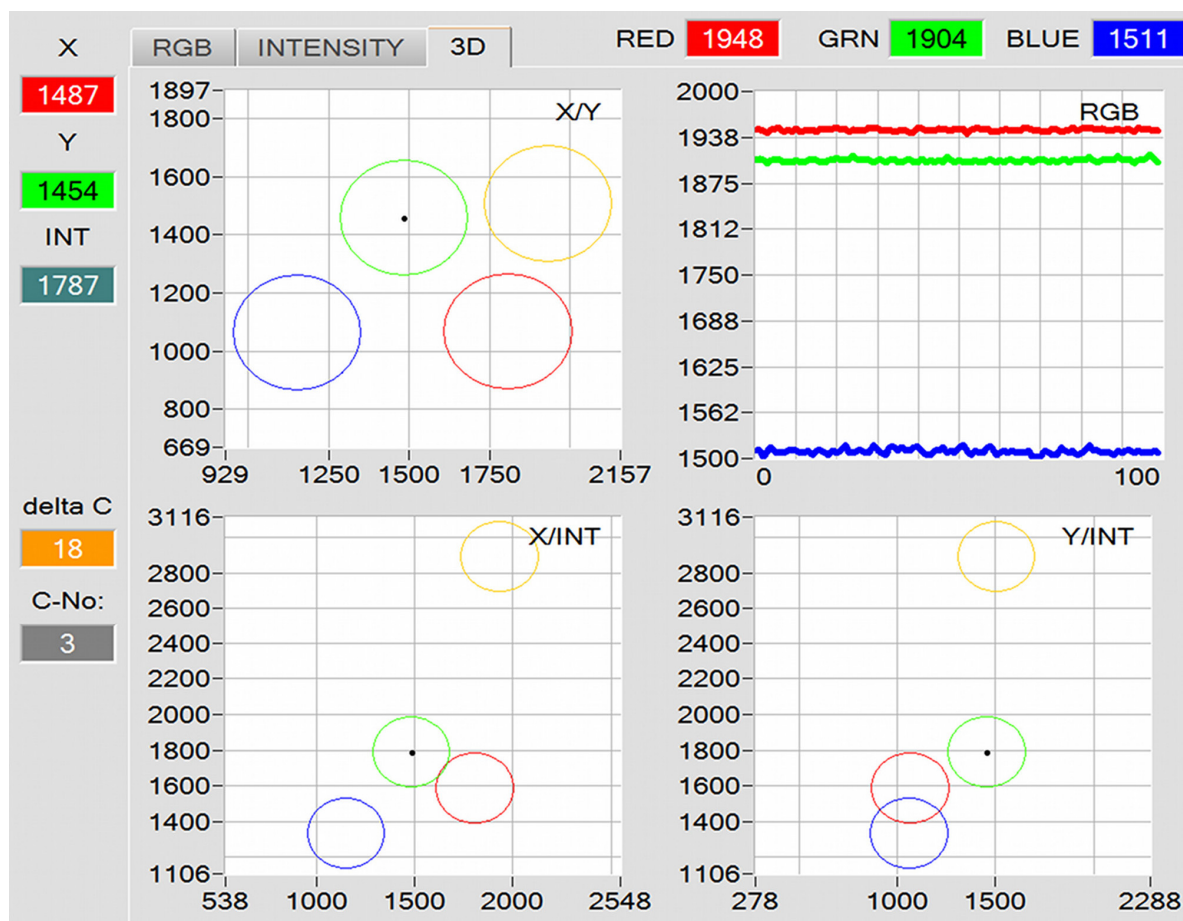


Abb. 8: Bei der 3D-Darstellung wird zur Visualisierung der Toleranz-Kugeln für die hinterlegten Referenzwerte auf eine „Drei-Seiten-Ansicht“ zurückgegriffen. Hier werden auch die auf Basis der aktuellen Empfängersignale berechneten Koordinaten X/Y/INT bzw. s/i/M dargestellt. Zusätzlich werden die aktuell gemessenen Rohdaten für den Rot-, Grün- und Blauanteil angezeigt.

Verschiedene Modelle für unterschiedliche Aufgaben

Bei schwankenden Detektionsabständen und der Maßgabe, dass sich die Objekte vor allem über die Farbe unterscheiden lassen, empfiehlt sich das s/i/M-Modell, denn eventuell auftretende Abstandsänderungen zwischen Sensor und Messobjekt wirken sich aufgrund der Berechnungen nur gering auf die Intensitätskoordinate M aus.

Verfügen die zu detektierenden Objekte jedoch über sehr ähnliche Farbtöne die sich im Wesentlichen über die Helligkeit bzw. Intensität des reflektierten Lichtes unterscheiden, ist das X/Y/INT-Modell zu bevorzugen, denn in diesem Modell wirkt sich die Intensitätsänderung maximal auf die INT-Koordinate aus. Bei Einsatz dieses Modells sollte darauf geachtet werden, dass der Abstand zwischen Sensor und Messobjekt möglichst konstant bleibt.

Auch „Selbstleuchter“ bewerten

Die Farbsensoren von ipf electronic können sowohl mit integriertem als auch mit externen Lichtquellen betrieben werden und erreichen eine maximale Schaltfrequenz von 35kHz erreichen.

Zur Kontrolle sogenannter Selbstleuchter wie etwa LED, Rückleuchten von Fahrzeugen, Halogenlampen oder auch Leuchtstofflampen nach Farbe und Helligkeit, lässt sich die interne Beleuchtung der Sensoren ausschalten.

Neben der extrem hellen Weißlichtquelle steht als Sendeelement auch eine leistungsstarke UV-Lichtquelle für die Bewertung fluoreszierende Materialien zur Verfügung.

Große Detektionsbereiche

Mit Hilfe unterschiedlicher Optiken decken die Farbsensoren Arbeitsabstände von nahezu 0 bis 500 mm bei Detektionsbereichen von \varnothing 0,5 mm bis ca. \varnothing 100 mm ab. Durch den Einsatz der Lichtleiterversion sind Farbbewertungen im Ex-Bereich oder in Umgebungsbedingungen mit beengten Platzverhältnissen möglich.

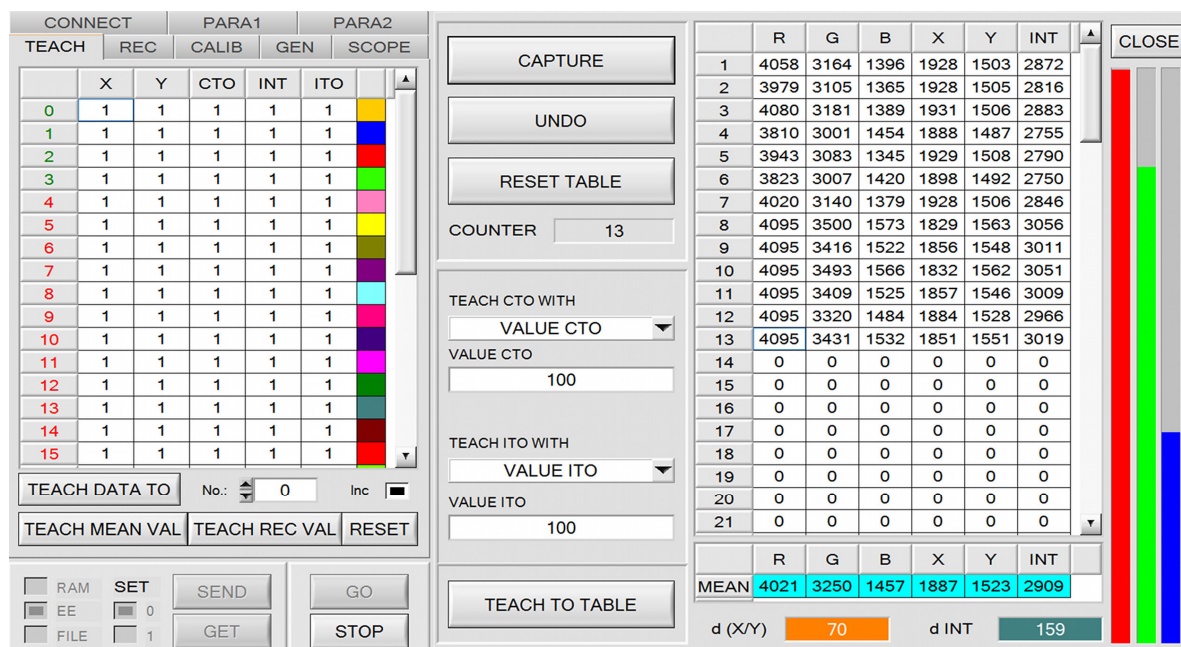
Passend für jede Oberfläche

Bei der Detektion von glänzenden Oberflächen, z. B. Lackoberflächen von Karosserieteilen, werden sogenannte Polfilter verwendet, die eine störende Totalreflexion der Objektoberflächen eliminiert. Zur Unterscheidung von matten und glänzenden Farboberflächen lassen sich fokussierte Optiken einsetzen. Soll hingegen das Reflexionsverhalten von matten oder glänzenden Oberflächen keinen Einfluss auf das Messergebnis haben, sind Einheiten mit integrierten Diffusoraufsätzen erhältlich.

Mittelwerte bewältigen schwierige Oberflächen

Eine Besonderheit der Farbsensoren von ipf electronic ist die Möglichkeit, bei schwierigen Oberflächen die Referenz- bzw. Sollwerte durch eine Mittelwertbildung über mehrere Solloberflächenpunkte von einem oder mehreren Gutbauteilen zu bestimmen.

Alternativ hierzu ist auch die logische Verknüpfung von mehreren Referenz- bzw. Sollwerten für eine Oberfläche im System möglich. (Abb. 9)



The screenshot shows a software interface with a table of measurement data and various control buttons. The table has columns for R, G, B, X, Y, and INT. The data is as follows:

	R	G	B	X	Y	INT
1	4058	3164	1396	1928	1503	2872
2	3979	3105	1365	1928	1505	2816
3	4080	3181	1389	1931	1506	2883
4	3810	3001	1454	1888	1487	2755
5	3943	3083	1345	1929	1508	2790
6	3823	3007	1420	1898	1492	2750
7	4020	3140	1379	1928	1506	2846
8	4095	3500	1573	1829	1563	3056
9	4095	3416	1522	1856	1548	3011
10	4095	3493	1566	1832	1562	3051
11	4095	3409	1525	1857	1546	3009
12	4095	3320	1484	1884	1528	2966
13	4095	3431	1532	1851	1551	3019
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
MEAN	4021	3250	1457	1887	1523	2909

Below the table, there are control buttons: CAPTURE, UNDO, RESET TABLE, and TEACH TO TABLE. A counter is set to 13. There are also input fields for VALUE CTO and VALUE ITO, both set to 100. At the bottom, there are buttons for RAM, EE, FILE, SET, SEND, GET, GO, and STOP. The bottom status bar shows d (X/Y) = 70 and d INT = 159.

Abb. 9: Eine Besonderheit der Farbsensoren von ipf electronic ist die Möglichkeit, bei schwierigen Oberflächen die Referenz- bzw. Sollwerte durch eine Mittelwertbildung über mehrere Solloberflächenpunkte von einem oder mehreren Gutbauteilen zu bestimmen.

Applikationsbeispiele

Es gibt vielfältige Anwendungen, in denen die Farbe von Objekten überprüft werden muss. Allerdings erschweren die unterschiedlichen Eigenschaften der zu detektierenden Oberflächen, z. B. sehr inhomogen oder glänzend, häufig eine zuverlässige Farbbewertung. Bei der Farberkennung avancieren „True Color“-Sensoren daher zu echten Problemlösern, wie nur drei Beispiele mit den Materialien Glas und Metall sowie lackierten Karosserieteilen zeigen.

1. Sortenreine Selektion von Glasflaschen



Ein Unternehmen an der Mosel ist auf die Reinigung von Weinflaschen spezialisiert. Nach dem Spülen müssen die Flaschen anhand der Glasfarben (braun, durchsichtig, blau und drei unterschiedliche Grüntöne) sortiert werden. Ein Farbsensor der Serie OF34 mit Glasfaserlichtleiter soll dabei nicht nur die eindeutig identifizierbaren Farben, sondern auch eng beieinanderliegende Grüntöne von Flaschen sicher unterscheiden.

Fremdlichteinflüsse sicher eliminieren

Die Detektion wird zusätzlich durch die Pressnähte im Glas, verschiedene Glasstärken sowie zum Teil mit Wassertropfen benetzte Flaschen erschwert. Der eingesetzte Farbsensor arbeitet über eine Lichtleiterschranke, durch die die Flaschen hindurchgeleitet werden.

Als Sendelichtquelle integriert das Gerät eine getaktete, sehr helle Weißlicht-LED, wobei sichergestellt ist, dass die Einwirkung von Fremdlicht (z. B. Hallenbeleuchtung usw.) keinen Einfluss auf die Prüfergebnisse hat.

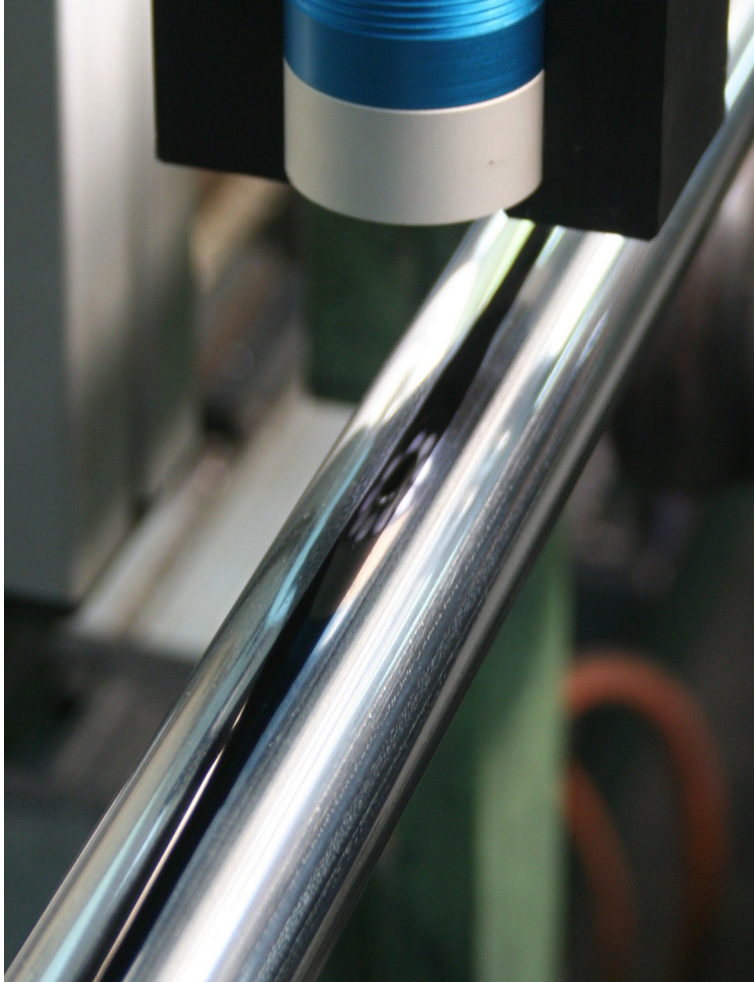
Dabei arbeitet das Sensorsystem vollkommen autark und startet die Farbauswertung automatisch immer dann, wenn ein Flaschenhals den Erfassungsbereich der Lichtleiterschranke durchläuft.

Mehr Prozesssicherheit durch Farbgruppen

Der Sensor bewertet die Empfängersignale in dieser konkreten Applikation im sogenannten „Best-Hit-Modus“. Hierbei werden die Messwerte mit im Sensor hinterlegten Referenz-/Teachwerten verglichen, die mit einer zugehörigen Parametrier- und Auswertesoftware hinterlegt worden sind, und der „Beste Treffer“ als Ergebnis ausgegeben. Um auch alle möglichen Variationen eines Flaschentyps (mit/ohne Pressnähte, verschiedene Glasstärken und Wasserrückstände am Flaschenhals) prozesssicher zu erfassen, teachte man zusätzlich unterschiedliche Zustände jeder Flaschenausführung als Referenzwerte ein und fasste diese über die Software in sogenannte Farbgruppen zusammen.

Jede Farbgruppe stellt somit eine Auswahl unterschiedlicher Flaschenausführungen dar. Wann immer es eine Übereinstimmung des Messwertes mit einem Referenzwert einer Farbgruppe gibt, wird von dem Sensor dieselbe Farbübereinstimmung ausgegeben. Somit lassen sich Abweichungen eine Flaschentyps kompensieren und eine zuverlässige Erkennung der Glasfarbe realisieren.

2. Farbmarkierungen auf Edelstahl



Um ein weitaus robusteres aber nicht weniger diffiziles Material als Glas geht es bei der qualitativen Überwachung einer Farbmarkierung auf Schweißnähten von Edelstahl-Bandrohren.

Diese Kennzeichnung mit nach Kundenwunsch unterschiedlichen Farben ist mitunter notwendig, wenn die Rohre für verschiedene Einsatzgebiete z.B. gebogen werden müssen. Hierbei muss vor dem Umformprozess die Schweißnaht erfasst und in eine vorgegebene Lage gebracht werden. Um die Detektion der Längsschweißnaht zu erleichtern, wird diese bereits beim Hersteller markiert. Nicht nur die Reflexion der glänzenden Rohroberfläche sowie die frisch aufgetragene Markierung erschwert die Detektion, sondern auch die Tatsache, dass neben den bereits eingesetzten Farben noch neue für Markierungen hinzu kommen können.

Glanzeffekte und Reflexionen im Griff

Auch in dieser Anwendung kommt ein Farbsensor der Serie OF34 zum Einsatz. Das Problem, dass der Farbton der aufgetragenen Markierung je nach Glanzgrad der Oberfläche aufgehellt bzw. „aufgeweicht“ wird, und die direkte Reflexion des Rohres als auch der farblichen Markierung bekommen die „True-Color“-Sensoren durch zusätzliche Polarisationsfilter in den Griff.

Wie im ersten Beispiel, sorgt auch hier die zum System gehörende Software dafür, zusätzliche anwendungsspezifische Tools für eine zuverlässige Farberkennung nutzen zu können. So ist es mit Hilfe der Software u.a. auch möglich, den Reflexionsgrad einer Oberfläche zu bewerten und für die Intensität des reflektierenden Lichtes spezifische Toleranzbereiche festzulegen.

Kontinuierliche Prüfung

Zur Überwachung der Schweißnaht-Kennzeichnungen ist der Sensor oberhalb einer Rollenbahn in einem Schaltabstand von 20 mm zu der prüfenden Oberfläche montiert. Über die Software werden die Lichtleistung der Weißlicht-LED sowie die zulässigen Toleranzen für die Farb- und Intensitätsabweichungen vorgegeben. Während der laufenden Produktion teicht der Bediener den Sensor bei jedem Farbwechsel auf die aktuelle Markierungsfarbe einfach durch einen Tastendruck. Daher stellen zusätzliche bzw. neue Farbtöne für die Kennzeichnung kein Problem dar. Anschließend prüft der Sensor den Farbauftrag im Bereich der Schweißnaht kontinuierlich, hierbei bewegt sich das Rohr mit einer Geschwindigkeit von rund acht bis zehn Metern pro Minute unter dem Gerät hindurch.

3. Automatisierte Lackprüfung



Ein führender deutscher Automobilhersteller möchte dies an Fahrzeugkarosserien über die gesamte Tagesproduktion von rund 2.000 Pkw realisieren. Hierbei muss eine sichere Farberkennung von rund 17 Lackvarianten sowie deren Farbverläufe bei glänzenden Oberflächen und teilweise sehr nahe beieinander liegenden Farbtönen mit hoher Wiederholgenauigkeit der Messungen sichergestellt sein.

Ähnliche Lackfarben - eine besondere Herausforderung

Für diese Aufgabe entschied man sich für einen Farbsensor der Serie OF35 mit integriertem Polarisationsfilter, der den Glanzeffekt der lackierten Fahrzeugkarossen eliminiert und somit eine zuverlässige Messung der Farbgebung ermöglicht.

Zur Parametrierung des Farbsensors kommt die bereits erwähnte Software zum Einsatz, wobei hier insbesondere die sehr ähnlichen Lackfarben im Blautonbereich eine besondere Herausforderung darstellen. Um minimale Farbunterschiede erkennen zu können, wird daher u.a. die Lichtleistung der Weißlichtquelle des Sensors über die Software genau eingestellt. In Kombination mit speziellen Bewertungsalgorithmen und der Option, abgestufte Toleranzwerte vorzugeben, lassen sich nicht nur die Lackfarben sicher bewerten, sondern auch noch der Farbverlauf beurteilen.

Während der Parametrierung wird die Sendeleistung der Weißlichtquelle über die Software für jeden der 17 Lacktöne derart justiert, dass der Sensor die gewünschten Messwerte liefert. Auf Basis der hierdurch ermittelten spezifischen Sendeleistungen lassen sich mit der Software anschließend entspre-

chende Referenzwerte für den Farbton und die Intensität der von der Oberfläche reflektierten Lichtmenge ermitteln.

Durchgängige Detektion im „First-Hit-Modus“

Damit im laufenden Prozess eine Aussage über den Verlauf bzw. die Genauigkeit des Farbtons getroffen werden kann, wurde für jeden Lackton eine Farbtoleranzabstufung festgelegt. Über diese Abstufungen ermittelte man entsprechende Parametersätze, die unter einer Referenznummer auf einem Leitrechner abgelegt wurden.

Zur genauen Identifizierung der vorhandenen Lacktöne findet ein Vergleich der aktuellen Messwerte des Farbsensors mit den im Vorfeld ermittelten Referenzwerten für die Farb- und Intensitätsparameter bei einer Lackton-spezifischen Grundleistung der Lichtquelle und der hierzu korrespondierenden Toleranzabstufung statt. Farbfehler gibt der Sensor erst dann aus, wenn ein falscher Farbton oder ein zu großer Farbtonverlauf erkannt wird.

Die Empfängersignale werden vom Sensor im sogenannten „First-Hit-Modus“ bewertet. Hierbei erfolgt ein interner Vergleich der Messwerte mit den im Sensor abgelegten Referenz-/Teachwerten wobei der „erste Treffer“ als Ergebnis ausgegeben wird.

Kommunikation zwischen Leitrechner und Sensor

Der Leitrechner, auf dem die Referenzdaten bzw. –werte für jeden Lacktyp gespeichert sind, ist über einen RS232/Ethernetkonverter respektive ein Gateway mit dem Farbsensor verbunden. Die zu prüfende Karosserie wird anlagenseitig über einen Barcodeleser identifiziert. Somit erkennt der Leitrechner, welcher Lack auf dieser Karosserie sein sollte. Um derartige Informationen auch vom Sensor zu bestätigen, überträgt der Leitrechner die notwendigen Parametersätze an den Farbsensor. Dieser vergleicht die Prüfparameter mit den gemessenen Werten und zeigt an, ob die Werte innerhalb der Farb-, Farbverlaufs- und Intensitätsgrenzen liegen. Die Prüfergebnisse werden wiederum an den Leitrechner zur Sicherung der Produktionsdaten übergeben.

Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet. Änderungen vorbehalten.