

Farbsensor versus Spektrofotometer

Die richtige Wahl zur Erfassung von Farbeigenschaften im Industriebereich

Die Erfassung von Farbeigenschaften wird bei vielen industriellen Prozessen immer wichtiger, beispielsweise um die Qualität der Produkte zu beurteilen. Zwei Geräteklassen bieten sich für diese Aufgabe an: Spektrofotometer und perzeptive Farbsensoren. Während Spektrofotometer bei geringer Messrate genaue Farbmaßzahlen und spektrale Informationen liefern, aber aufwendiger und teuer sind, zeichnen sich die perzeptiven Farbsensoren durch eine hohe Messrate und ein einfaches Prinzip aus.

Wenn es um die Qualität eines Produktes geht, ist die farbliche Eigenschaft des Objekts von Interesse – vor allem wenn die spezielle Farbe des Produktes ein Wiedererkennungsmerkmal darstellt. Farbliche Eigenschaften von Objekten werden jedoch zunehmend auch zur Steuerung von Prozessabläufen oder als Überwachungsmöglichkeit verwendet. Beispiele sind die Farbmarkenerkennung, die Beschichtungsprüfung oder die Anwesenheitskontrolle. Zur Erfassung von farblichen Objekteigenschaften im industriellen Bereich stehen mit den Spektrofotometern und den perzeptiv arbeitenden Farbsensoren heute zwei Geräteklassen zur Verfügung, welche sich hinsichtlich ihrer Leistungsmerkmale und der Preise voneinander unterscheiden.



Verfahren der Farbmessung

Alle Aspekte, welche die Farbmessung betreffen, sind in der DIN 5033 geregelt. Beim Spektralverfahren wird das vom Messobjekt ausgehende Licht im Gerät spektral zerlegt. Das Spektrum des Messobjektes ist charakteristisch und wird bei vielen Analyseverfahren zur direkten Identifikation herangezogen. Um aus dem Spektrum Farbmaßzahlen zu gewinnen, müssen die spektralen Anteile mit den Spektralwertfunktionen des menschlichen Auges bewertet werden. Für vergleichbare Farbmaßzahlen wurden hierfür die sogenannten Normspektralwertfunktionen für zwei Gesichtsfeldgrößen festgelegt (Abb. 1).

Durch die Bewertung des Spektrums mit den Normspektralwertfunktionen erhält man die Normfarbwerte für X (Rot), Y (Grün) und Z (Blau). Bei nicht selbst leuchtenden Objekten (Körperfarben) muss bei der Bewertung des Spektrums des Messobjektes auch die Strahlungsfunktion der Lichtquelle mit

einbezogen werden. Dies erfolgt rechnerisch und ermöglicht daher beleuchtungsunabhängige Farbwerte.

Das Dreibereichs-Verfahren

Beim Dreibereichsverfahren wird das empfangene Licht nicht spektral zerlegt, sondern direkt durch Filter geleitet, die in ihrer spektralen Charakteristik den Normspektralwertfunktionen entsprechen. Auf diese Weise werden die drei Farbmaßzahlen X, Y und Z direkt erfasst. Da keine spektrale Information vorliegt, kann kein Rückschluss auf die spektralen Eigenschaften der Lichtquelle erfolgen. Die Farbwerte sind beim Dreibereichsverfahren daher untrennbar mit der verwendeten Beleuchtung verbunden.

Unabhängig von der Beleuchtung

Farbmessgeräte, die auf Basis des Spektralverfahrens arbeiten, werden Spektrofotometer genannt. Zur spektralen Zerlegung des Lichts

werden meist Beugungsgitter verwendet. Als Empfänger dienen CCD- oder Fotodiodenzeilen. Abbildung 2 zeigt den Strahlengang eines Spektrofotometers.

Spektrale Auflösungen unter 1nm sind möglich. Die zur Berechnung der Farbwerte notwendigen Normspektralwertfunktionen und Lichtartenfunktionen sind in den Geräten gespeichert. Moderne Spektrofotometer bieten die Ausgabe von Farbmaßzahlen in allen gebräuchlichen Farbräumen an. Spektrofotometer erreichen nur geringe Messraten, die von der spektralen Auflösung abhängen. Typisch sind Messraten im Sekundenbereich. Der große Vorteil der Geräte liegt in der gewonnenen spektralen Information. Spektrofotometer sind unabhängig von der eigentlich verwendeten Beleuchtungsquelle. Die ermittelten Farbmaßzahlen besitzen somit absoluten Charakter. Es können Farbmaßzahlen unter verschiedenen normierten Lichtarten ausgegeben werden, die ei-

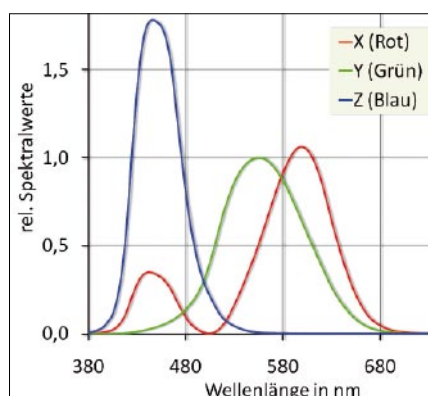


Abb. 1: Normspektralwertfunktionen

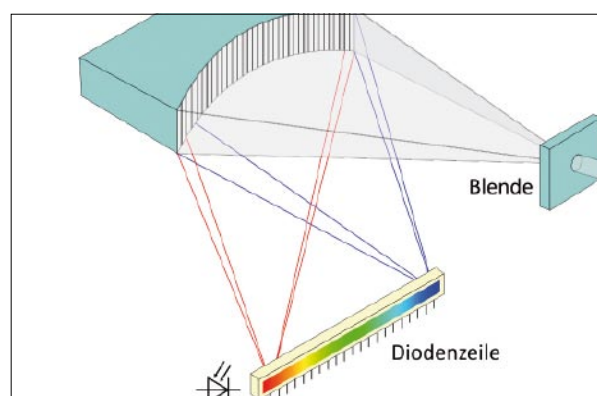


Abb. 2: Strahlengang beim Spektrofotometer

nen Vergleich mit anderen Geräten ermöglichen. Da das Spektralverfahren einen präzisen optischen Aufbau und hochwertige Bauteile erfordert, sind Geräte dieser Klasse vergleichsweise teuer. Ihr Einsatzort ist aufgrund der Empfindlichkeit der Bauteile oftmals auf das Labor beschränkt.

Perzeptive Farbsensoren im Vergleich

Die als perzeptive Farbsensoren (Abb. 3) bezeichneten Geräte basieren überwiegend auf dem Dreibereichsverfahren. Das empfangene Licht wird über drei Filter geführt und auf Fotodioden geleitet. Bei Einhaltung der Normspektralwertfunktionen als Filterkurven sind die Fotoströme direkt proportional zu den Normfarbwerten. Bei den perzeptiv arbeitenden Farbsensoren erfolgt eine anschließende Transformation in gleichabständige Farbenräume. Bei modernen Farbsensoren bilden Farbfilter und Fotodioden eine Einheit. Die Messraten liegen im oberen Kilohertzbereich. Als Lichtquelle finden fast ausschließlich Weißlicht-LEDs Verwendung. Der entscheidende Vorteil der Farbsensoren liegt in der hohen Messgeschwindigkeit. Dazu kommt der kompakte und robuste Aufbau der Geräte, wodurch sich kaum Einschränkungen hinsichtlich des Einsatzortes ergeben. Ein niedriger Preis macht sie zu häufig eingesetzten Geräten in der industriellen Sensorik. Die spektrale Charakteristik der verwendeten Weißlicht-LEDs ist nicht genormt. Die Farbmaßzahlen von Farbsensoren haben daher keinen absoluten Charakter und sind nicht

mit den Farbmaßzahlen von Spektralfotometern vergleichbar.

Schritte zur Gerätewahl

Farberfassung im Prozess?

Es ist zu klären, welchen Schutzgrad (Feuchtigkeit, Staub) das Gerät besitzen muss. Auch die Platzverhältnisse am Einbauort begrenzen oftmals die Auswahlmöglichkeiten. Wenn wenig Platz vorhanden ist, hilft eine Lichtleiterkopplung zwischen Messstelle und Gerät. Tendenziell sind Farbsensoren für einen prozessnahen Einbau eher geeignet.

Kontinuierliche oder stichprobentypische Farberfassung?

Eine kontinuierliche Farberfassung setzt eine Tauglichkeit für den Dauerbetrieb voraus. Die Geräte müssen über Schutz- und Kompensationsmechanismen gegen Fremdlicht, Alterung und Drift verfügen. Spektralfotometer müssen zyklisch kalibriert werden. Hierfür sind Wartungsintervalle einzuplanen. Die Lebensdauer von Temperaturstrahlern (Glühlampen), die oft von Spektralfotometern zur Objektbeleuchtung verwendet werden, ist deutlich geringer als die von Weißlicht-LEDs bei Farbsensoren.

Farbe direkt oder als Hilfsgröße?

Ist die Farbe des Objektes von direktem Interesse (z.B. bei Autolacken), dann bietet der Einsatz von Spektralfotometern Vorteile. Farbmaßzahlen können damit geräteunabhängig ermittelt und zu Vergleichszwecken verwendet werden. Aufgrund der hohen absoluten

Die folgende Tabelle stellt die beiden Geräteklassen hinsichtlich Ihrer Eignung bei den erläuterten Anwendungsfragen gegenüber. Die Bewertung erfolgt dabei auf einer Punkteskala von 0 (ungeeignet) bis 4 (sehr gut geeignet).

Applikation	Spektralfotometer	Farbsensor
Prozessnah	1	4
Kontinuierlicher Betrieb	1	4
Farbe von direktem Interesse	4	2
Hohe Messrate	1	4
Mehrere Messstellen	1	3
Referenzobjekt vorhanden	4	3
Absolute Farbmaßzahlen	4	1
Spektrale Information erforderlich	4	0
Kosten	1	4

Genauigkeit der Spektralfotometer werden diese den Qualitätsansprüchen bei der Farbmessung eher gerecht. Farbsensoren bieten dagegen bei Anwendungen Vorteile, bei denen die Objektfarbe nur als Hilfsgröße (z.B. bei Farbmarken oder der Anwesenheitsprüfung) verwendet wird, da hier nur vergleichende Farbmessungen durchgeführt werden.

Messgeschwindigkeit

Die Frage nach der Messgeschwindigkeit führt zu einer eindeutigen Gerätewahl. Nur Farbsensoren ermöglichen eine Farberfassung im oberen Kilohertzbereich.

Sind Referenzobjekte vorhanden?

Referenzobjekte sind für die Bewertung eines Farbunterschiedes elementar. Der direkte Vergleich mit einer Farbreferenz ist sicherer als nur eine Angabe von absoluten Farbmaßzahlen. Stehen Referenzfarbobjekte zur Verfügung, ist der Einsatz von Farbsensoren auch bei der direkten Farbqualitätsprüfung möglich, da Farbabweichungen von perzeptiv arbeitenden Farbsensoren korrekt detektiert werden.

Farbmaßzahlen erforderlich?

Farbmaßzahlen sind beispielsweise bei der Qualitätsprüfung von lackierten Autoteilen sinnvoll, wenn die Produktion der Teile in verschiedenen Werken und an verschiedenen Standorten erfolgt. Hier sind Spektralfotometer mit hoher absoluter Genauigkeit erforderlich, um die hohen Qualitätsansprüche zu erfüllen.



Abb.3: Beispiel für perzeptiven Farbsensor (Quelle: Astech GmbH)

Fazit

Durch eine gezielte Analyse der geplanten Farbenanwendung ist eine Entscheidungsfindung zur Auswahl des passenden Gerätes möglich. Eine Hilfestellung leisten hierzu die passenden Fragen zur Applikation. Bei genauer Betrachtung der Anforderungen an ein Gerät zur Farberfassung sind bei entsprechender Herangehensweise oftmals Kosteneinsparungen möglich, wenn beispielsweise nicht zwingend spektrale Informationen benötigt werden. In diesem Fall reicht oftmals die Anschaffung eines perzeptiv arbeitenden Farbsensors.

Autoren

Ansgar Wego, Professor an der Hochschule Wismar
 Gundolf Geske, Bereichsleiter Farbsensorik bei der Astech Angewandte Sensortechnik GmbH
 Volker Ahrendt, Geschäftsführer der Astech Angewandte Sensortechnik GmbH

▼ Kontakt

Hochschule Wismar, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Wismar
 Tel.: 03841/753-284
 ansgar.wego@hs-wismar.de
 www.et.hs-wismar.de

Astech Angewandte Sensortechnik GmbH, Rostock
 Tel.: +0381/44073-0
 info@astech.de
 www.astech.de