

# Intermittierendes Verfahren zur Driftkompensation von Farbsensoren

Daniel Strandt\*, Ansgar Wego\*

\*Silicann Technologies GmbH · Joachim-Jungius-Str. 9 · 18059 Rostock · info@silicann.com

## 1. Einleitung

Farbsensoren werden in der industriellen Prozess- und Fertigungsautomation zur Lösung von unterschiedlichsten Erkennungs- und Prüfaufgaben eingesetzt. Dabei sind die Anforderungen an die Qualität und die Zuverlässigkeit der Farbdetektion immer weiter gestiegen. Oft ist der fehlerfreie Betrieb über einen langen Zeitraum und unter veränderlichen Umgebungsbedingungen eine grundlegende Voraussetzung.

Gegen die Erfüllung dieser Bedingung sprechen die in industriellen Farbsensoren prinzipiell auftretenden Drifterscheinungen. Dazu zählen insbesondere die Temperaturabhängigkeit und die Alterung der Sensoren. Um die modernen Ansprüche an moderne industrielle Farbsensoren zu erfüllen, sind also Verfahren nötig, die die auftretenden Drifteffekte verhindern oder diese zumindest minimieren.

Dieser Beitrag beschreibt ein neuartiges Verfahren zur Kompensation von Langzeit- und Temperaturdrift bei Dreibereichsfarbsensoren für nicht selbst leuchtende Objekte.

## 2. Drifterscheinungen bei industriellen Farbsensoren

Industrielle Sensoren zur Detektion von Farbmerkmalen an nicht selbst leuchtenden Objekten verwenden in den meisten Fällen eine oder mehrere LEDs. Das breitbandige Licht einer Weißlicht-LED wird über ein optisches System auf das Prüfobjekt projiziert. Der diffus reflektierte Anteil der Lichtmenge wird über ein weiteres Linsensystem auf einen Dreibereichsfotoempfänger, der mit mehreren Farbfiltern ausgestattet ist, eingekoppelt. Über verschiedene Verstärkerschaltungen gelangt das Lichtsignal zum AD-Wandler und wird dann in digitaler Form vom Mikrocontroller des Sensors weiterverarbeitet.

In optisch-elektronischen Systemen dieser Art treten Drifterscheinungen auf, deren Ursachen hauptsächlich auf Veränderungen der Umgebungstemperatur und auf die Alterung der verwendeten Bauteile zurückzuführen sind. Der Drift

führt zur Verfälschung der Messwerte und kann damit Fehlfunktionen des Farbsensors auslösen.

Der Hauptanteil der unerwünschten Effekte lässt sich der verwendeten Lichtquelle zuordnen. Die Temperaturabhängigkeit und die Alterung der in den Farbsensoren vom Typ PCS-I<sup>1</sup> verwendeten Weißlicht-LED überwiegen im Vergleich zu den übrigen Elementen. Diese üblichen elektronischen Schaltungen wie Operationsverstärker und Analog/Digital-Umsetzer sind weitestgehend stabilisiert und tragen daher keinen wesentlichen Beitrag zur Drift des Systems bei. Aus diesem Grund werden hier nur die Drifteigenschaften der Sende-LED betrachtet.

### Temperaturdrift

Die Temperaturabhängigkeit von verschiedenen LEDs ist in Abbildung 1 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Intensität des ausgesendeten Lichtes bei niedrigen Temperaturen mehr als 30% höher liegen kann als im maximal zulässigen Temperaturbereich.

Abhängig vom Herstellungsprozess der verwendeten LEDs kann das Temperaturverhalten verschiedener Exemplare eines Typs variieren. Die von den Herstellern angegebenen Abhängigkeiten sind daher in den meisten Fällen nur statistische Messergebnisse.

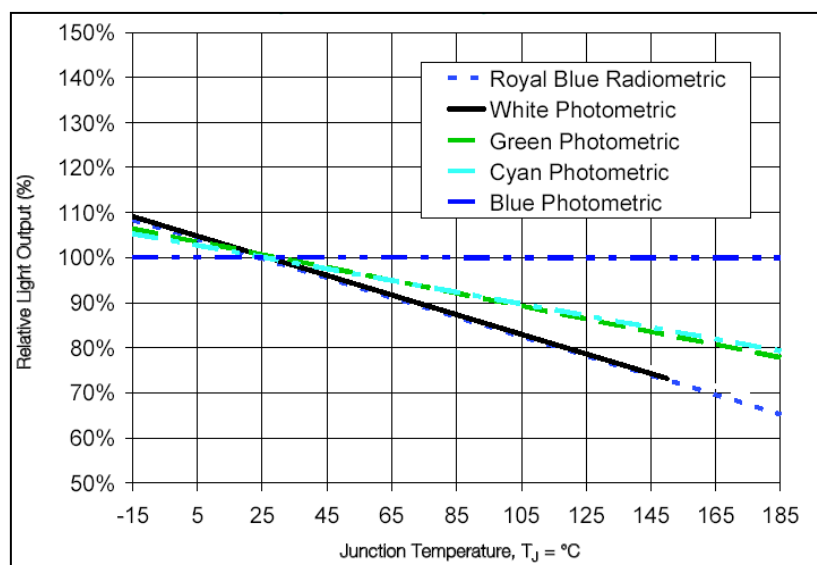


Abbildung 1: Temperaturabhängigkeit von LEDs [1]

### Langzeitdrift

Zusätzlich zum Temperaturverhalten nimmt die Intensität einer Weißlicht-LED mit zunehmendem Alter ab. Der Betrag dieses Leistungsverlustes hängt vom verwendeten Typ und der Art und Weise des Betriebs des Bauelements ab und wird allgemein als die zu erwartende Betriebszeit bis zum Erreichen von 50% der Ausgangsintensität angegeben. Abbildung 2 zeigt die Abnahme des abgegebenen Lichtes von herkömmlichen LEDs verglichen mit modernen High-Power LEDs.

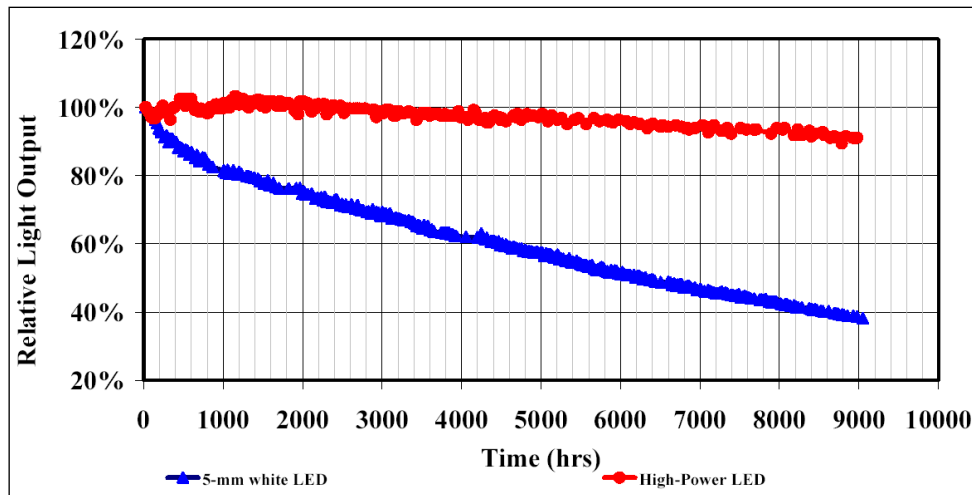


Abbildung 2: Langzeitverhalten verschiedener LED-Arten[2]

### 3. Systemaufbau für das intermittierende Monitoring

Um den Einfluss der oben genannten Drifterscheinungen auf die Stabilität der industriellen Farbsensoren zu kompensieren, wurde eine neuartige Methode entwickelt, die auf der Verwendung einer zweiten Dreibereichsphotodiode beruht. Dieser so genannte Dreibereichsmonitorempfänger wird mit Hilfe eines geänderten Optik-Frontends so in das bestehende Sensorsystem integriert, dass ein Teil des Lichts der Sende-LED über den Monitorlichtkanal auf seine Sensorfläche ausgekoppelt wird. Der Aufbau ist in Abbildung 3 dargestellt.

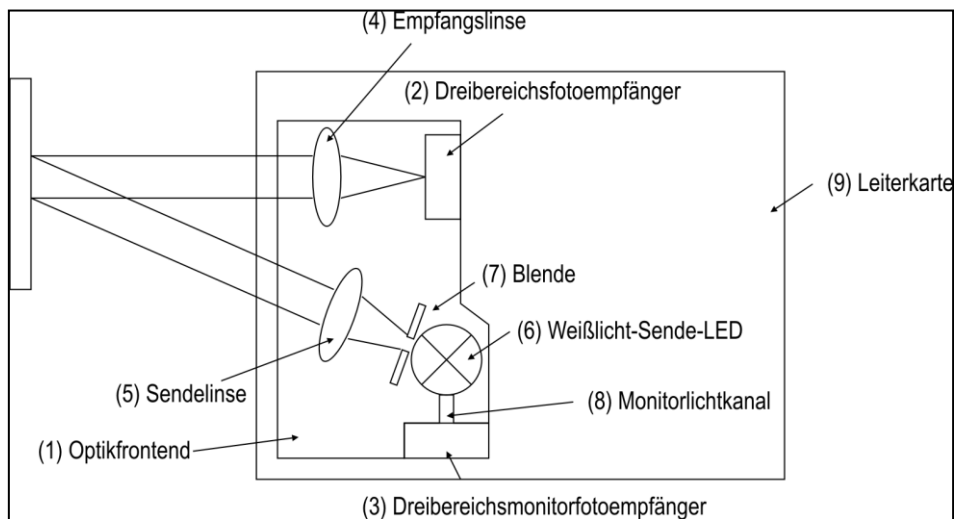


Abbildung 3: Systemaufbau für das intermittierende Monitoring

### 4. Korrekturrechnung

Die drei Farbkanäle des Nutz- und des Monitorempfängers sind zur Realisierung einer intermittierenden (lat. intermittere - "aussetzen, unterbrechen" [3]) Signalaufnahme über einen Multiplexer mit der Verstärkerschaltung und dem Mikrocontroller verbunden. Der Steuereingang des Multiplexers wird über den Controller bedient. Abbildung 4 zeigt das Blockschaltbild des Monitoringsystems.

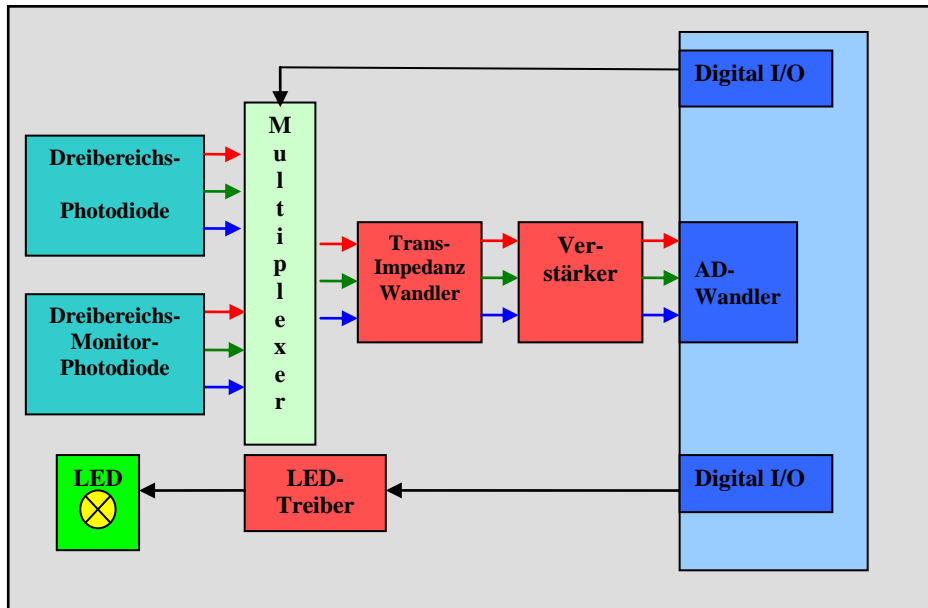


Abbildung 4: Blockdiagramm des intermittierenden Monitoring

Das grundlegende Prinzip des intermittierenden Monitoring besteht in der Art und Weise der Signalaufnahme- und -Verarbeitung. Um die eigentliche Farbmessung nur so gering zu stören, wird die Monitorphotodiode vom Controller in zyklischen Zeitabständen mit Hilfe des Multiplexers auf den Verstärkerschaltkreis umgeschaltet. An Stelle der Nutzphotodiode werden nun die aktuellen Farbwerte der Monitorphotodiode ( $R_{MON}$ ,  $G_{MON}$ ,  $B_{MON}$ ) aufgenommen und weiterverarbeitet.

Bei der Inbetriebnahme der Farbsensoren, die mit dieser Driftkompensierung ausgestattet sind, werden die Farbwerte des Monitoring-Kanals aufgenommen und als Referenzwert ( $R_{MONREF}$ ,  $G_{MONREF}$ ,  $B_{MONREF}$ ) dauerhaft im Sensor gespeichert.

Aus dem Verhältnis zwischen Referenzwert und Momentanwert der Monitorphotodiode wird für alle drei Farbkanäle ein Kompensationskoeffizient errechnet ( $C_R$ ,  $C_G$ ,  $C_B$ ). Die drei Kompensationskoeffizienten werden anschließend als Korrekturfaktoren im Empfangskanal verwendet, indem sie mit dem aktuellen Messwert ( $R$ ,  $G$ ,  $B$ ) zum kompensierten Messwert ( $R_C$ ,  $G_C$ ,  $B_C$ ) verrechnet werden. Die folgenden Gleichungen zeigen den mathematischen Zusammenhang.

$$C_R = \frac{R_{MONREF}}{R_{MON}}, C_G = \frac{G_{MONREF}}{G_{MON}}, C_B = \frac{B_{MONREF}}{B_{MON}}$$

$$R_C = C_R \cdot R, G_C = C_G \cdot G, B_C = C_B \cdot B$$

Das Intermittionsintervall ist variabel und liegt im Bereich von 1 bis einige 100 Sekunden. Ein kurzes Intervall ist vorteilhaft, um den Aufwärmeeffekt nach dem Einschalten zu kompensieren. Danach kann mit langen Intervallen gearbeitet

werden, da die Änderungen der Umgebungstemperatur im Minutenbereich liegen. Der oben dargestellte Langzeitdrift kann durch die langen Intermittenzintervalle ebenfalls mitkompensiert werden.

## 5. Zusammenfassung

In verschiedenen Tests konnte nachgewiesen werden, dass mit Hilfe des intermittierenden Monitorings die Abweichung der von den Farbsensoren aufgenommenen Farbwerte auf ein Minimum reduziert werden konnte. Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Kompensation an einem Beispielsensor vom Typ PCS-I<sup>1</sup>. Die Driftunterdrückung ist in der pinkfarbenen Kurve deutlich zu erkennen.

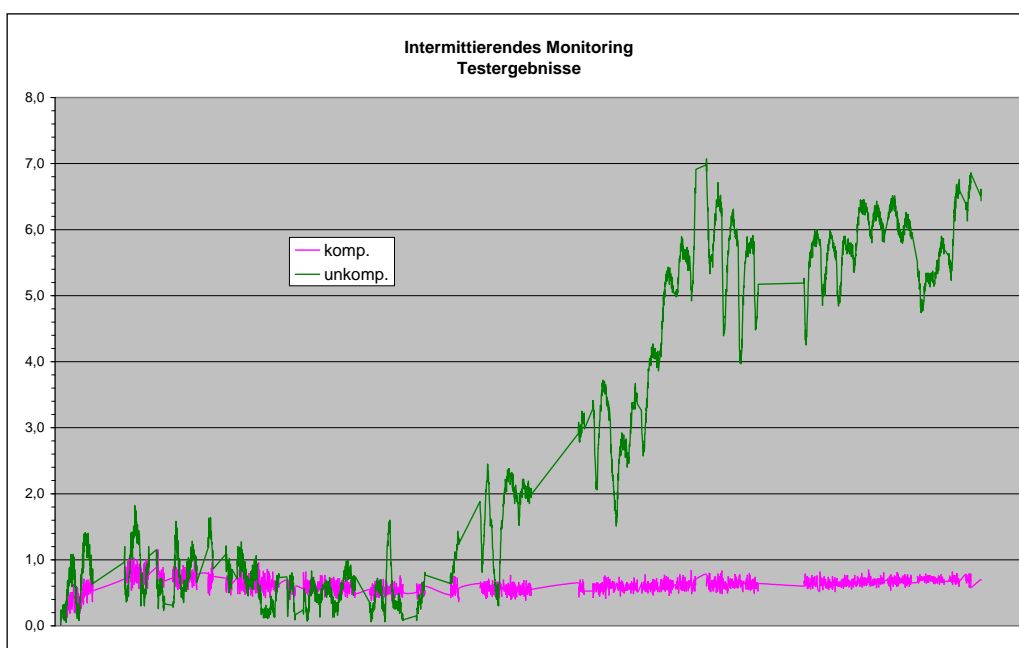


Abbildung 5: Auswirkungen der Driftkompensation mittels intermittierendem Monitoring

Das hier vorgestellte Verfahren bietet klare Vorteile gegenüber anderen bekannten Kompensationsverfahren. Diese basieren meist auf permanenten Temperaturmessungen im Gerät und anschließender numerischer Korrektur der Sensorwerte mit hinterlegten Kompensationsfaktoren. Hier ist jedoch die thermische Vermessung jedes Gerätes nötig, um die Faktoren hinreichend genau festzustellen.

Auch ein zyklisches Abgleichen der Farbsensoren mit einem Referenzfarbobjekt, wie es bei Farbmessgeräten üblich ist, kann mit industriellen Farbsensoren nur schwer realisiert werden, da diese in den meisten Fällen fest in Fertigungs- oder Prozessanlagen integriert sind.

---

<sup>1</sup> Perzeptiver Farbsensor Typ: PCS-I, Hersteller: Silicann Technologies GmbH, Rostock

## **Quellen**

[1] „LUXEON® K2 Emitter“, Technical Datasheet DS51, [www.luxeon.com](http://www.luxeon.com)

[2] Nadarajah Narendran and Lei Deng 2002, "Performance Characteristics of Light Emitting Diodes," Proceedings IESNA Annual Conference, 2002.

[3] „Duden - Das große Fremdwörterbuch: Herkunft und Bedeutung der Fremdwörter“ Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag 2003.