

# Fogra Extra 38

München, Februar 2018



forscht \_  
prüft \_  
zertifiziert \_



Einsatzmöglichkeiten und Potenziale von

## Inline-Spektralmessgeräten

Dieses Fogra-Extra erläutert den aktuellen Stand der so genannten Inline-Spektralmessgeräte, mit dem Fokus auf Rolle-zu-Rolle-Druckverfahren. Ferner werden typische Anwendungsszenarien, Bauweisen, Software-Schnittstellen und Tipps zu deren Evaluation vorgestellt.

Von Dr. Andreas Kraushaar.

Die zunehmende Digitalisierung in der Druckindustrie ist unmittelbar an die schnelle und möglichst automatische Erfassung von Messwerten während des Druckprozesses gebunden. Hierbei stehen die mikrometeregenaue Bildinspektion sowie die anwendungsspezifische Farbmessung im Zentrum. Letztere ist Schwerpunkt dieses Fogra-Extras.

Im Rahmen einer industriellen Druckproduktion wird eine automatische Farbmessung mittels Inline-Spektralmessgeräten immer wichtiger. Die Anzahl unvermeidlicher Druckunterbrechungen zur Durchführung von Maßnahmen zur Einrichtung, Prozesskontrolle oder Qualitätssicherung wird in Zukunft die industrielle von der handwerklich geprägten Druckproduktion unterscheiden.

### Abgrenzung zwischen Bildinspektion und Farbmessung

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von Systemen zur Farbmessung von solchen zur Bahninspektion- und Druckbildüberwachung ist die mögliche Messfeldgröße. Während sich die Größe des Messflecks bei punktbasierten Farbmesssystemen im mm-Bereich bewegen, messen Inspektionssysteme im Mikrometer-Bereich.

Das wesentliche Kriterium für die zielführende Farbmessung ist allerdings die Umsetzung einer aufgabengerechten Beleuchtungs- und Beobachtungsgeometrie samt der entsprechenden spektralen Zerlegung über dem relevanten Wellenlängenbereich. Letztlich ist das Zusammenspiel aus ausreichender Beleuchtung, richtiger Messunterlage und passendem Farbsensor entscheidend.

### Zwei Arten der Farbmessung

Die Messung der Farbe einer bedruckten oder unbedruckten Oberfläche wird typischerweise mit zwei verschiedenen Ansätzen realisiert. Zum einen sind dies Kolorimeter bzw. 3-Bereichsmessgeräte, welche die Spektralwertkurven mit wenigen, typischerweise 3 oder 4 Filtern nachstellen und somit die Farbwerte direkt „liefern“. Zum anderen sind dies Spektralmessgeräte, die das reflektierte (oder transmittierte) Licht einer Probe spektral über den gesamten visuellen Wellenlängenbereich in typischerweise 30 oder mehr Kanäle zerlegen. Auf Basis des Spektrums können dann für beliebige Lichtarten und Beobachter, typischerweise der 2°-Normbeobachter für D50, die CIEXYZ- bzw. CIELAB Farbwerte berechnet werden.

### DIE AUTOREN

Dr. Andreas Kaushaar,  
Leiter der Fogra-  
Abteilung Vorstufentechnik

→ Fogra Forschungsinstitut für  
Medientechnologien e.V.  
Einsteinring 1a  
85609 Aschheim b. München  
Deutschland

Telefon  
→ 0049 89 43182-335

Fax  
→ 0049 89 43182-100

E-Mail  
→ [kraushaar@fogra.org](mailto:kraushaar@fogra.org)

Unterstützt von  
Jan-Peter Homann  
→ [www.colormangement.de](http://www.colormangement.de)

### MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG VON:

DFTA  
Flexodruck Fachverband e.V.  
→ [www.dfta.de](http://www.dfta.de)

### DOWNLOAD

Dieses Extra finden Sie auch  
auf der Fogra-Website:  
→ [Publikationen](#)  
→ [Fogra Extra](#)

### Dreikanalige Farbmessung

Im Umfeld einer Druckmaschine gibt es verschiedene technische Lösungen, die eine dreikanalige Erfassung der Farbwerte von gedruckten Mustern ermöglichen. Dies sind z.B. 3-kanalige (RGB) kamerabasierte Systeme, wie sie in Lösungen zur „100%-Inspektion“ oder zur Bahnbeobachtung verbaut sind. Die drei Kanäle werden beispielsweise derart ausgewählt, dass die Dichtewerte gemäß ISO 5-3 oder die CIELAB-Farbwerte abgeschätzt werden können.

Bei der Erfassung von Farbmesswerten mittels kamerabasierter Systeme ist zu beachten, dass Systeme zur „100%-Inspektion“ bzw. Bahnbeobachtung nicht dazu konstruiert sind, „absolute“ Farbwerte zu liefern. Die Messwerte sind in diesem Umfeld lediglich relative Farbwerte, mit denen z.B. ab der Druckfreigabe die Konstanz im Auflagedruck überwacht werden kann.

### Spektrale Farbmessung

Die spektrale Farbmessung zeichnet sich dadurch aus, dass bei ihr das gemessene Spektrum in deutlich mehr als drei Kanäle unterteilt wird. Je nach Bauart des Messgerätes können es z.B. zwischen 6 und 100 Kanäle sein, mit denen das Spektrum erfasst wird. Je mehr Kanäle es gibt, desto genauer kann die spektrale Messung sein. Hochauflösende Spektromessgeräte mit vielen Kanälen sind meist Punktmessgeräte. Diese erfassen bei jeder Messung einen einzelnen Punkt mit einem typischen Durchmesser von 1,5 – 10 mm.

Spektrale Messgeräte mit weniger Kanälen können dagegen mit Hilfe von Zeilensensoren realisiert werden, die quer zur Druckrichtung gleichzeitig mehrere hundert oder gar tausend Messungen durchführen.

Alle Lösungen, die bei laufender Druckmaschine spektral messen, werden in dieser Publikation als Inline-Spektromessgeräte beschrieben. Diese Systeme sind in der Lage, aus den gemessenen Spektraldaten CIELAB- und Dichte-Werte zu berechnen.

Inline-Spektromessgeräte, die darüberhinaus den Anforderungen der ISO 13655 genügen, stehen zur Drucklegung dieses Sonderdrucks in der Regel nur für eine Punktmessung zur Verfügung. Ein solches Messgerät kann während des Drucks quer zur Druckrichtung verschoben werden (sogenannte traversierende Systeme). Diese werden zur besseren Positionierung und Fehlererkennung zunehmend von einer Graustufen-Kamera ergänzt.

Eine zügigere Erfassung von Druckmarken erlauben traversierende Systeme, die in einer Zeile mehrere Messpunkte parallel zur Druckrichtung auf einmal erfassen können. Typischerweise sind dies ca. 4-6 Messpunkte mit ca. 5-6 mm Durchmesser.

Eine spezielle Bauform sind kaskadierte Zeilensensoren, die – ähnlich wie eine Zeilenkamera zur 100%-Inspektion – die gesamte Druckbreite mit einigen Tausend Messungen erfassen. Sie können aufgrund der notwendigen Abtast- und Beleuchtungswinkel die Anforderungen der ISO 13655 nicht erfüllen und dienen somit primär der relativen Farbmessung.

### Prozesskontrolle, Qualitätssicherung und Qualitätsvereinbarung

Die unterschiedlichen Aufgaben in der modernen Druckproduktion können grundsätzlich in solche der Prozesskontrolle und solche der Qualitätssicherung unterschieden werden. Die Prozesskontrolle hat zum Ziel, vorgegebene Prozessgrößen nachzustellen sowie einen Prozess über möglichst empfindliche, kostengünstige und prozessoptimierte Sensoren stabil zu halten und frühzeitig Empfehlungen für die Korrektur zu geben. Je nach Art des Druckverfahrens bzw. nach Ausstattung des jeweiligen Drucksystems kann eine Korrektur weitgehend automatisch erfolgen.

Im Digitaldruck spricht man dabei z.B. von der Kalibrierung des Systems und im Offsetdruck von einer automatischen Farbregelung. Im Flexo- und Tiefdruck geht die Anwendung über die Farbzeptkontrolle ebenfalls bis zur automatischen Farbregelung.

Prozesskontrolle und Korrektur sind in der Regel Anwendungen, die nur innerhalb der Druckerei zum Einsatz kommen. Große „Brandowner“ beginnen allerdings damit, auch die weltweite Produktion bezüglich absoluter Farbwerte zu überwachen und zu vereinheitlichen.

Demgegenüber werden alle Maßnahmen mit dem Ziel das spätere Druckbild zu bewerten („das zu messen, was der Kunde später sieht“), in dieser Publikation als Qualitätssicherungs-Werkzeuge bezeichnet. Üblicherweise handelt es sich hier um eine Kontrolle der Umsetzung von PSO (ProzessStandard Offsetdruck) oder PSD (ProzessStandard Digitaldruck) mit dem Schwerpunkt auf die Farbgenauigkeit von Marken-Farben, was insbesondere auch im Flexo- und Tiefdruck an Wichtigkeit gewinnt.

Aufgrund mangelnder Qualitätsvorgaben im Flexo- und Tiefdruck herrscht hier eine große Vielfalt an Anforderungsprofilen, die den Druckdienstleister oft vor große Herausforderungen stellen.

Je nach Anforderungen des Auftraggebers können oder müssen die Ergebnisse der Qualitätskontrolle zum Kunden kommuniziert werden.

### Tabellarische Übersicht zu Anwendungsszenarien

Für unterschiedliche Druckverfahren haben sich im Rahmen der Prozesskontrolle und der Qualitätssicherung verschiedene Prozeduren entwickelt, wobei sich für technisch identische Prozesse zum Teil unterschiedliche Begrifflichkeiten etabliert haben. In der Tabelle 1 wird zunächst dargestellt, welche Aufgabenstellungen vor-

#### IMPRESSUM



Fogra Extra | Eine Veröffentlichung von: Fogra  
Forschungsinstitut für Medientechnologien e.V.,  
Einsteinring 1a, 85609 Aschheim  
Tel. +49 89 43182-0, Fax +49 89 43182-100  
info@fogra.org

Vorstandsvorsitzender: Stefan Aumüller  
Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Eduard Neufeld  
Redaktion: Rainer Pietzsch  
Bilder: Fogra bzw. siehe Hinweis am Bild

www.fogra.org

wiegend in den unterschiedlichen Druckverfahren zum Einsatz kommen. Dabei ist es gewollt, dass Anwendungsszenarien diskutiert werden, die derzeit vorwiegend nur bei bestimmten Druckverfahren zum Einsatz kommen. Schließlich kann es sehr erhellend sein, einmal über den Tellerrand zu schauen und sich zu fragen, ob sich einige Ansätze nicht auch verfahrensübergreifend nutzen lassen. Als Möglichkeiten hat es sich als zweckmäßig erwiesen, nur zwei Antworten („●● = kommt häufig zum Einsatz“ und „● = kommt gelegentlich zum Einsatz“) zu verwenden (siehe Tabelle rechts).

Im Anschluss werden die einzelnen Anwendungsszenarien nochmals detaillierter erläutert.

## Anwendungsszenarien

### Linearisierung

Die Linearisierung eines Drucksystems umfasst die Ermittlung optimaler Farbschichtdicken für die Volltöne und die Steuerung der Gradation der Primärfarben. Ermittelte Einstellungen für einen linearisierten Druckprozess gelten nur für das Zusammenspiel aus Druckmaschinentyp, die verwendeten Druckfarben und Substrate bzw. Substratgruppen.

Einfache Lösungen zur Linearisierung erlauben dem Bediener die Eingabe einer Solldichte und einer zu erreichenden Tonwertkurve. Dieser Ansatz beschränkt sich allerdings in der Regel auf CMYK-Prozessfarben und gibt keine Auskunft darüber, inwieweit der Vollton farbmetrisch mit einem Haus- oder Branchenstandard übereinstimmt. Problematisch ist ebenfalls die Einbeziehung von Sonderfarben, wie sie z. B. im Verpackungsdruck häufig zum Einsatz kommen.

Statt die Tonwertzunahmen von einer bestimmten Sollkurve ist in letzteren Fall oft das Erreichen einer empfindungsgemäßen Gleichabständigkeit der Tonwerte von 0% bis 100% erwünscht.

Für die Linearisierung von Drucksystemen gibt es eine Vielzahl herstellerspezifischer Ansätze, wobei die in ISO 20654 („Mea-

Aufgabe (Anwendungsszenario)	Digitaldruck	(Nass-) Offsetdruck	Flexo- und Tiefdruck
<b>Linearisierung</b> Grundeinrichtung des Drucksystems für eine bestimmte Kombination Substrat / Druckfarbe	●●		
<b>Kalibrierung (Justage)</b> Abgleich des Drucksystems auf eine interne Vorgabe	●●		
<b>Profilierung („Fingerprint“)</b> Farbmetrische Erfassung relevanter Mischfarben eines Drucksystems für automatische Farbkonvertierungen im vorgelagerten digitalen Workflow (ECI Farbtabelle)	●		
Kontrolle von Farben im Druckmotiv		●	●●
Messen von Druckkontrollstreifen		●●	●●
Kontrolle der Farben bei der Einrichtung eines Druckjobs		●●	●●
Handlungsempfehlungen für Drucker		●	●●
Closed Loop-Farbbregelung für Prozess- und Sonderfarben		●●	●
Kontrolle der Farben in der Auflage		●●	●●
„Kalibrierung“ von RGB-Kameras aus der Bahnbeobachtung bzw. der 100%-Inspektion	●		●●
Firmeninternes Reporting	●●	●●	●●
Reporting an Markenartikler / Druckeinkäufer	●	●	●

surement and Calculation of Spot Colour Tone Value“ - SCTV) veröffentlichte in Zukunft für einen herstellerübergreifenden Austausch von Daten sorgen könne.

Auch wenn die Linearisierung von Drucksystemen in der Regel noch sehr maschinenspezifisch ist, so stellt sie einen zentralen Arbeitsschritt dar, wenn es gilt eine Grundeinstellung zu finden, die einem Branchen- oder Hausstandard bestmöglich entspricht.

Im Bereich des Digitaldrucks gibt es eine Reihe von Systemen, die herstellerseitig mit Inline Spektralmessgeräten ausgeliefert werden, die direkt zur Linearisierung des Drucksystems eingesetzt werden können. Gegenwärtig sind Geräte angekündigt, die eine vollständige Profilierung ermöglichen sollen.

### Kalibrierung (Justage)

Die Kalibrierung eines Druckprozesses umfasst im umgangssprachlichen Gebrauch das Konstanthalten des Druckergebnisses in Bezug auf eine definierte Referenz. In der Regel sind dies die Sollwerte, die in der Linearisierung für eine bestimmte Kombination aus Druckmaschine, Druckfarbe und Substrat(gruppe) definiert wurden. Die Kalibrierung umfasst bei den meisten Lösungen die Anpassung des Volltons sowie der Gradation der Prozessfarben an die gewählte Referenz.

Im Digitaldruck sind Linearisierung und Kalibrierung eng miteinander verknüpft und können mittels Inline-Spektralmessgeräten weitestgehend automatisiert werden.

Im Offsetdruck ist eine vollständige Ad-hoc-Kalibrierung des Druckprozesses auf Basis der Messwerte vom Inline-Spektralfotometer nicht möglich, da hierfür ge-

gebenfalls auch Druckplatten mit einer angepassten Gradations- bzw. Kompensationskurve belichtet werden müssten. Ähnliches gilt für den Flexo- und Tiefdruck.

### Charakterisierung / Profilierung

Die Charakterisierung bzw. Profilierung eines Druckprozesses umfasst den Druck und die spektralfotometrische Vermessung von Testtafeln mit einigen hundert bis einigen Tausend Mischönen der Prozessfarben. In der Regel werden hierfür spezielle Offline-Messsysteme eingesetzt, die die gedruckten Testcharts mittels eines Roboterarms oder Papiereinzugs einmessen. Der Einsatz von Inline-Spektralmessgeräten ist gegenwärtig eher unüblich. Eine Profilierung anhand von Druckkontrollelementen mit wenigen Mischönen macht aber auch im Flexo- und Tiefdruck eine (dynamische) Maschinenbeschreibung möglich.

Die Charakterisierung beschreibt die Erfassung der Messdaten, während die Profilierung aus den Messdaten sogenannte Farbprofile berechnet, die für das Farbmanagement von Druckdaten notwendig sind. Mittels Farbmanagement kann z.B. auf Monitoren oder speziellen Proofdruckern das spätere Druckergebnis simuliert werden (Proofing). Weiterhin dient es zur Umrechnung von RGB-Bilder aus Digitalkameras auf den CMYK-Farbraum für den Druck bzw. zur Umrechnung von Druckdaten zwischen verschiedenen Druckstandards.

Letzteres kommt z.B. vor, wenn Digitaldruckdaten bei einem Druckdienstleister gemäß eines Branchenstandards wie z.B. FOGRA39 / ISOcoatedv2 angeliefert werden und sie in der Aufbereitung für den Druck auf das Farbprofil des Digitaldruckmaschine umgerechnet werden.

Im Verpackungsdruck spricht man statt Charakterisierung / Profilierung vom Fingerprint.

Die beim Fingerprint erzeugten Farbprofile kommen hauptsächlich in der Druckvorstufe für den Verpackungsdruck zum Einsatz, wenn z.B. Druckdaten von Designagenturen aus einem Branchenstandard

wie FOGRA39/ISOcoatedv2 an den Fingerprint angepasst werden oder das spätere Druckergebnis auf einem Proofdrucker farbverbindlich ausgegeben wird.

Bei der Kontrolle des Druckergebnisses von Prozessfarben im Flexo- und Tiefdruck stellt der Fingerprint die Referenz dar, die es zu erreichen gilt.

### Kontrolle von Farben im Druckmotiv

Die Kontrolle von Druckfarben im Motiv ist eine der Standard-Anwendungen für Inline-Spektralfotometer im Flexo- und Tiefdruck. Bei Inline-Spektralfotometern für den Digitaldruck, die Bestandteil der Druckmaschine sind, ist dieser Einsatz oft unüblich oder gar unmöglich.

Dies beruht darauf, dass die Inline-Spektralfotometer der Digitaldruckmaschine in der Regel für die Anwendungen Linearisierung und Kalibrierung konzipiert sind, während die Lösungen für den Flexo- und Tiefdruck meist eine Ergänzung für „100%-Inspektion“ darstellen.

Bei der Kontrolle von Farben im Druckmotiv muss das Inline-Spektralfotometer in der Lage sein, beliebige Punkte in der laufenden Bahn bzw. dem laufenden Bogen in Produktionsgeschwindigkeit zielgenau anzusteuern und gegen Referenzwerte zu vergleichen.

Diese Referenzwerte können z.B. Vorgaben für Hausfarben eines Markenartiklers darstellen, die als Sonderfarbe oder CMYK-Farbkombination von Prozessfarben gedruckt werden.

Um Inline-Spektralfotometer sowohl mit den genauen Angaben zum Ort der Messung als auch den Sollwerten zu versorgen, ist eine ausgeklügelte Datenlogistik in der Druckvorbereitung notwendig.

### Prozesskontrolle mittels Druckkontrollstreifen

Im Offsetdruck werden Druckkontrollstreifen seit über 20 Jahren standardmäßig auf jedem Druckjob mitgedruckt. Sie sind unabdingbar für die Prozesskontrolle als auch für die Einstellung / Regelung der Farbzonen. Seit ca. 10 Jahren werden praktisch alle größeren Offsetdruckma-

schinen mit Messtechnik ausgeliefert, die den Druckkontrollstreifen (halb-)automatisiert auslesen können. In den letzten Jahren kommen dabei verstärkt Inline-Spektralfotometer zum Einsatz.

Gegenüber der Messung von Farben im Bild mit ihren ständig wechselnden Positionen und Referenzwerten handelt es sich bei Druckkontrollstreifen um fest vorgegeben Layouts.

Inline-Spektralfotometer werden im Offsetdruck praktisch immer mit vorgegebene Layouts für Druckkontrollstreifen ausgeliefert. Diese sind in der Software des Inline-Spektralfotometers fest hinterlegt und werden bei der Messung automatisch erkannt. Die Bedienung der Messeinrichtung wird dadurch deutlich vereinfacht.

Im Rahmen der Prozesskontrolle sind Änderungen in den Tonwertzunahmen oft ein wichtiger Indikator dafür, das in einem einzelnen Druckwerk oder auch im gesamten Druckprozess ein Problem vorliegt, das gelöst werden muss. Bei der Messung beliebiger Farben im Bild steht die Einhaltung von Markenfarben im Vordergrund. Die Farbmessung mittels Druckkontrollstreifen ist dagegen ein zentrales Arbeitsmittel, um Stabilität des Druckprozesses bis hinunter auf das einzelne Druckwerk zu garantieren. Durch Auswertung weiterer spezieller Messfelder (z.B. Schieben und Dublieren) bzw. der Auswertung weitere maschinenspezifischer Parameter wie z.B. Feuchtung, Viskosität der Druckfarbe, Druckbeistellung, Trocknung etc. können die Ursachen für Prozessabweichungen lokalisiert werden.

Trotz dieses sehr hohen Nutzens für einen stabilen Druckprozess ist die automatisierte Auswertung von Druckkontrollstreifen im Flexo- und Tiefdruck bei weitem noch nicht so verbreitet wie im Offsetdruck. Soll dies aber zukünftig verstärkt umgesetzt werden, so sind Inline-Spektralfotometer das Werkzeug der Wahl. Druckkontrollstreifen im Offsetdruck dienen zur Kontrolle der einzelnen Farbzonen und verlaufen daher quer zur Druckrichtung. Im Flexo- und Tiefdruck werden Druckkontrollstreifen dagegen in Druckrichtung platziert.

### Kontrolle der Farben bei der Einrichtung eines Druckjobs

Wird ein Druckjob eingerichtet, so gilt meist darum spezielle Referenzen zu erreichen. Diese Referenz kann ein altes Druckmuster, ein Proof oder ein Branchen- bzw. Hausstandard sein, der messtechnisch erreicht werden soll.

Bei einer physischen Referenz (Druckmuster bzw. Proof) spielt das Auge und die Erfahrung des Druckers eine große Rolle. Bei der Nachstellung eines Haus- oder Branchenstandards auf Basis von Messwerten lässt sich der Vorgang allerdings mittels Farbmessung teilweise oder ganz automatisieren. Entspricht der Prüfdruck einem Haus- oder Branchenstandard, so kann die Farbmessung und automatische Anpassung dem Drucker oft viel manuelle Arbeit ersparen.

Wie viele manuelle Einstellungen durch den Drucker erforderlich sind, ist oft von der Art des Druckprozesses und der Maschinenausstattung abhängig. Nach der Farbmessung kann es je nach Druckmaschine entweder eine Handlungsempfehlung für den Drucker geben, oder es wird ein automatischer Prozess zur Farbkorrektur (Closed Loop-Regelung) gestartet.

### Handlungsempfehlungen für Drucker

Zeigt die Farbmessung bei der Einrichtung des Druckjobs eine Abweichung vom Soll, so kann es bei einigen Druckprozessen / Druckmaschinen notwendig sein, eine manuelle Korrektur durch den Drucker durchzuführen. Im Flexo- und Tiefdruck ist es z. B. üblich, die Farbtintensität durch das Verhältnis von Konzentrat und Verschnitt zu steuern. Eine adäquate Interpretation der Farbmessergebnisse soll dem Drucker Handlungsempfehlungen geben („Therapie“). Die reine Anzeige einer Farbabweichung ( $\Delta E$ ) vom Soll ist für solch eine Handlungsempfehlung ungeeignet („Diagnose“). Eine sogenannte Bestmatch-Funktion dagegen gibt dem Drucker einen Hinweis, wie weit sich der Farbabstand ( $\Delta E$ ) durch Veränderung der Dichte bzw. der Konzentrat/Verschnitt-Relation verringern lässt.

Im Bereich der Farbkorrektur von Sonderfarben im Flexo- und Tiefdruck gibt

es ausgeklügelte Lösungen, um den Drucker in einem halbautomatischen Prozess unter Nutzung einer Waage anzuleiten, Druckfarben durch Zugabe von Korrekturfarben gezielt zu ändern.

### Closed Loop-Farbregelung für Prozess- und Sonderfarben

Ist der Druckprozess bzw. der Druckmaschinentyp dafür ausgelegt, nach einer Farbmessung eine vollautomatische Korrektur durchzuführen, so spricht man von einer Closed Loop- oder automatischen Farbregelung.

Im Offsetdruck ist dies heutzutage Bestandteil jeder modernen Druckmaschine. Hier wird im Wesentlichen mittels der Duktoren die Farbschichtdicke der Volltöne gesteuert bzw. geregelt.

Im Digitaldruck lässt sich ähnlich arbeiten, wenn die Drucklösungen über eine automatische Kalibrierung verfügt.

### Kontrolle der Farben in der Auflage (Fortdruckkontrolle)

Die Kontrolle der Farben während der Auflage erfolgt idealerweise über ein Inline-Messsystem. Das manuelle „Ziehen“ von Mustern, bei dem – je nach Druckverfahren – auch die Maschine angehalten werden muss, entfällt dabei.

### Farbanpassung von RGB-Kameras aus der Bahnbeobachtung bzw. der 100%-Inspektion

Verfügt die Druckmaschine sowohl über ein Inline-Spektralfotometer als auch eine 100%-Inspektion bzw. eine Bahnbeobachtung, kann es Sinn machen, diese Systeme für eine relative Farbmessung zu nutzen. Dabei wird mit dem Inline-Spektralfotometer an einer beliebigen Stelle ein absoluter Farbwert gemessen und das System zur 100%-Inspektion bzw. zur Bahnbeobachtung kontrolliert ab diesem Zeitpunkt, ob und wie stark sich die Farbe während der Auflage ändert.

### Firmeninternes Reporting

Internes Reporting dient zur Kontrolle, ob eine Druckmaschine konstant druckt, ob mit verschiedenen Substraten Haus- bzw. Branchenstandard sicher erreicht werden können, oder wie gut für jeden einzelnen

Druckjob die internen Sollvorgaben erreicht werden.

Reklamiert ein Kunde aufgrund eines für ihn unbefriedigenden Farbergebnisses, so hilft internes Reporting bei einer schnellen Entscheidung, ob die Reklamation gerechtfertigt ist oder nicht.

### Reporting an Markenartikler / Druck-einkäufer

Große Markenartikler erwarten von ihren Kunden immer stärker, dass sie ihre Druckergebnisse messtechnisch bewerten und die Ergebnisse in Form eines Konformitätsprotokolls (Report) auch mitteilen können. Immer mehr verbreiten sich hier Online-Portale, in die Druckereien die Report-Daten hochladen.

## Bauweisen

Inline-Spektralfotometer können verschieden konstruiert sein. Dabei geht es nicht nur um den eigentlichen Messkopf, sondern auch um weitere Parameter wie z. B. die Positionierung und Felderkennung oder die Integration in die Druckmaschine. Die Grenze zwischen Varianten in der Bauweise und den Software-Schnittstellen des Systems verläuft dabei fließend.

### Systeme zur Punktmessung

Diese Systeme funktionieren wie ein klassisches Hand-Spektralfotometer. Es wird ein Punkt mit einer durch die Messblende definierte Größe gemessen. Gegenüber einem Handmessgerät geht die Messung nur wesentlich schneller, um auch auf einer sich bewegenden Messprobe sicher messen zu können.

Angaben zur maximalen Druckgeschwindigkeit bei der Messung bedeuten übrigens, dass ein System ein einzelnes Feld bei dieser Druckgeschwindigkeit messen kann.

Je nach Bauart und Steuerungssoftware benötigen die Lösungen unterschiedlich viel Zeit, um z. B. alle Felder eines Druckkontrollstreifens im Bereich der Steuermarken in Druckrichtung zu messen.

## Systeme zur Zeilenmessung

Diese Systeme messen gleichzeitig mehrere Punkte nebeneinander, die sich in der Regel quer zur Druckrichtung befinden. Die Messpunkte sind üblicherweise deutlich kleiner als das zu messende Feld. Verfügt die Software bei Systemen zur Zeilenmessung über eine automatische Bildanalyse, so kann das System erkennen, ob der Messkopf korrekt über dem Messfeld positioniert ist.

Bei punktbasierten Messsystemen ist diese Kontrolle nur mittels einer zusätzlichen Kamera am Messkopf möglich.

Bei zeilenbasierten Systemen gibt es je nach Hersteller große Unterschiede, wie viele Messpunkte sich in einer Zeile befinden. Die Bandbreite reicht hier von ca. 3 cm breiten Zeilen, die traversierend in der Druckbreite positioniert werden können, bis hin zu kaskadierend eingesetzten Zeilen, die die komplette Druckbreite erfassen.

## Integrierte Lösungen von Druckmaschinenherstellern

Solche Systeme sind darauf ausgelegt, für einen bestimmten Druckmaschinentyp ein Höchstmaß an Automatisierung für genau umrissene Aufgabenstellungen zu erreichen. Verbreitet sind diese Lösungen besonders im Digital- und Offsetdruck, da hier die Automatisierung deutlich weiter fortgeschritten ist als im Flexo- und Tiefdruck.

Die Lösungen werden in der Regel mit angepassten Druckkontrollstreifen geliefert, die für die jeweiligen Aufgabenstellungen optimiert sind, so z.B. für eine Closed Loop-Regelung im Offsetdruck oder eine automatische Linearisierung und Kalibrierung im Digitaldruck.

Anwendungsszenarien, die über das hinausgehen, was der Druckmaschinenhersteller vorgegeben hat, sind oftmals nur schwer oder bau- bzw. schnittstellentechnisch gar nicht realisierbar.

Lösungen von Druckmaschine-Herstellern können in der Regel im Demo-Center mit eigenen Test-Jobs auf Herz und Nieren geprüft werden.

## Frei erhältliche Systeme

Diese Systeme kommen verstärkt im Flexo- und Tiefdruck zum Einsatz und werden oft von Firmen angeboten, die auch Lösungen zur 100%-Inspektion oder Bahnbeobachtung anbieten.

Tendenziell können solche Systeme einfacher an spezielle Aufgabenstellungen angepasst werden. Dies erfordert allerdings von der Druckerei mehr Knowhow als bei der Inbetriebnahme und Nutzung eines Systems vom Hersteller der Druckmaschine.

Frei erhältliche Systeme lassen sich oft nicht an einer Druckmaschine mit eigenen Demo-Druckaufträgen testen. Einige Anbieter bieten aber den Besuch von Referenzdruckereien an, um sich die Lösung in der Praxis ansehen zu können.

## Bauweisen zur Positionierung und Felderkennung

Integrierte Lösungen von Druckmaschinenherstellern im Bereich Offset- und Digitaldruck sind oft darauf optimiert, spezielle Druckkontrollstreifen an fest definierten Orten einzumessen.

Frei erhältliche Systeme lassen sich in der Regel auf frei definierte Orte zur Messung einstellen. Systeme zur Bahnbeobachtung bzw. 100%-Inspektion stellen dem Anwender eine Schnittstelle bereit, um die Messpunkte zu definieren.

Bei Rolle-zur-Rolle-Drucksystemen ist allerdings zu beachten, dass Regelanlagen für die Bahnspannung eine 100% sichere Positionierung ausschließlich über die Bahnbeobachtung bzw. Bahninspektion stark erschweren bzw. unmöglich machen. Je größer die Bahnlänge zwischen Bahnbeobachtung / Inspektion und dem spektralen Messkopf, desto ungenauer ist die Positionierung.

Stand der Technik ist daher bei punktbasierten Messsystemen eine Kamera, die direkt vor den Messkopf positioniert ist. Dies verbessert wesentlich die Positioniergenauigkeit und erlaubt darüber hinaus eine direkte Validierung bzw. Homogenitätsprüfung des gemessenen Druckbereichs. So lassen sich z.B. lokale Druck-

probleme wie z.B. „Butzen“ identifizieren, die Messergebnisse verfälschen können.

Zeilenbasierte Messsysteme haben eine höhere Auflösung als punktbasierte Systeme und können theoretisch ohne zusätzliche Kamera auskommen. Wie gut das in der Praxis funktioniert, hängt allerdings auch von der verwendeten Softwareimplementierung ab.

## Messuntergrund

Beim Messuntergrund spielt es eine große Rolle, wie opak das bedruckte Substrat ist, und ob es sich um einen doppelseitigen Druckprozess handelt. Bei letzterem ist ein schwarzer Messuntergrund Pflicht, um den Einfluss des Drucks auf der Rückseite zu minimieren.

Bei opaken Substraten, die z.B. im Falt-schachteldruck einseitig bedruckt werden, kann sowohl mit schwarzem als auch weißem Messuntergrund gearbeitet werden. Bei nicht opaken, einseitig bedruckten Substraten, wie sie z.B. bei der flexiblen Verpackung zum Einsatz kommen, ist ein weißer Messuntergrund üblich. Dies ermöglicht u.a. in der Kontrolle für Prozessfarben eine einfache Übernahme von Sollwerten aus dem Fingerprint. Generell sollte der Systemanbieter für die Messunterlage die Konformität zur ISO 13655:2016 bestätigen.

## Beleuchtung, Filter und Messmodus

In der ISO 13655:2009 sind neben der Messunterlage auch die Beleuchtung und etwaige Bedingungen bei der Messung M0, M1, M2 und M3 definiert.

### M0

Der früher gebräuchlichste Messmodus M0 beschreibt ein D50-Tageslicht mit einem nicht genau definierten UV-Anteil. Da M0-Messgeräte in der Vergangenheit meist mit Glühlampenlicht arbeiteten, ist der UV-Anteil bei M0 generell gering. Im Flexo- und Tiefdruck ist M0 derzeit noch der am weitesten verbreitete Messmodus von der Farbvorbereitung bis zur Prozesskontrolle an der Druckmaschine.

### M1

Dieser in der ISO 13655:2009 erstmalig publizierte Messmodus legt den für D50-

Tageslicht enthaltenden UV-Anteil fest, der deutlich höher als bei M0 ist. Hierfür sind allerdings spezielle Beleuchtungen notwendig.

Verfügt die Messprobe über optische Aufheller, so werden diese stärker angeregt als mit M0. Im standardisierten Offsetdruck nach ISO 12647-2:2013 ist die M1-Messbedingung für die Prozesskontrolle im Druck und für die Profilierung und Kontrolle von Proofsystemen vorgegeben.

## M2

Bei diesem Messmodus gibt es keinen UV-Anteil in der Beleuchtung. Optische Aufheller in einer Messprobe werden nicht angeregt. Die Messergebnisse sind damit „gelblicher“ als mit M1.

Kommen in der Druckproduktion viele papierbasierte Substrate zum Einsatz, so gibt der Unterschied zwischen der M1- und M2-Messung eine klare Information, wie stark die Messprobe aufgehellt ist.

## M3

Hier kommen im Lichtweg gekreuzte Polfilter zum Einsatz, die den Einfluss der Oberflächenreflexion minimieren. Traditionell kommt die Polfilter-Messung in Europa für die Dichtemessung im Offsetdruck zum Einsatz, da so der Unterschied zwischen dem nassen und trockenem Druck minimiert wird. Für die Messung von CIELAB-Farbwerten mit dem Ziel der visuellen Nachstellung muss ohne Polfilter gemessen werden.

Der Großteil der im Markt erhältlichen Inline-Spektralfotometer misst gegenwärtig im M0- oder M2-Messmodus. Es gibt aber wenige Lösungen, die verschiedene Messmodi gemäß ISO 13655:2009 unterstützen.

## Entfernung zum Substrat während der Messung

Bei einer Handmessung sitzt der Messkopf direkt auf der Oberfläche der Messprobe. Umgebungslicht spielt keine Rolle und die Entfernung zwischen Messbeleuchtung und Messprobe ist immer gleich.

Bei der Inline-Messung hat der Messkopf immer einen gewissen Abstand zur Mes-

probe. Bei einigen zeilenbasierten Systemen kann die Entfernung variiert werden, um den zu messenden Ausschnitt verändern zu können.

Des Weiteren kann es bei Inline-Messsystemen je nach mechanischer Konstruktion der Druckmaschine, der Bauform des Messkopfes und der Messunterlage sowie je nach Substrat zu Schwankungen des Abstandes zwischen Messprobe und Messkopf kommen. Diese Schwankungen müssen möglichst klein gehalten werden, um stabile und glaubwürdige Messergebnisse zu bekommen. Gute Messgeräte haben eine größere Schärfentiefe und sind somit toleranter gegenüber Abstandsvariationen.

## Abgleich (Kopplung) mit Handmessgeräten

Im Produktionsalltag möchten Anwender eines Inline-Messsystems sicher gehen, dass die Messergebnisse gut mit denen eines Handmessgeräts übereinstimmen. Um dies zu überprüfen, wird als erstes eine Messunterlage für ein Handmessgerät benötigt, das der Messunterlage im Inline-Messsystem entspricht. So ist es möglich, im Rahmen von Druckversuchen anhand von Musterdrucken zu beurteilen, wie gut der Abgleich zwischen Handmessgerät und Inline-Messgerät ist. Für die spektralfotometrische Messung gibt es weder ein weltweit gültiges „Urmeter“, noch gibt es ein standardisiertes Verfahren zum Abgleich zwischen verschiedenen Messgeräte-Typen. Einige Hersteller haben spezielle Referenzkarten entwickelt, die mit dem Inline-Messsystem und einem Hand-Spektralfotometer eingemessen werden. Diese verbessern in der Regel die Übereinstimmung zwischen Handmessgerät und Inline-Messsystem. Es können aber dennoch Abweichungen auftreten, wenn z.B. die spektralen Eigenschaften der Referenzkarte für den Abgleich deutlich anders sind als bei einer zu messenden Probe.

## Kontrolle / Rekalibrierung des Systems

Arbeitet eine Druckerei mit einem Qualitätsmanagementsystem wie z. B. ISO 9001, so ist es vorgeschrieben, die eingesetzten Messmittel regelmäßig zu überprüfen und gegebenenfalls rekalibrieren zu lassen. Eine Basis-Überprüfung des Systems

sollte möglichst von der Druckerei selbst durchgeführt werden können.

Für eine Rekalibrierung muss der Messkopf in der Regel zum Hersteller eingeschickt werden. Oft wird dies so gelöst, dass der Hersteller vorab einen kalibrierten Ersatzkopf schickt und die Druckerei bzw. ein Service-Techniker den Kopf austauscht. Ist der Messkopf gut zugänglich und kann von der Druckerei mit wenigen Schrauben selbst getauscht werden, ist der Wechsel preiswerter, als wenn ein Service-Einsatz geordert werden muss.

Die Abläufe und Kosten zur Überprüfung und Rekalibrierung sollten daher vor dem Kauf eines Systems geklärt werden.

## Verschmutzung (Wartung)

Ein nicht zu unterschätzender Qualitätsaspekt einer Inline-Messanlage sind die Strategien zur Vermeidung der Verschmutzung – einer im industriellen Umfeld sehr häufige Fehlerquelle. Es hat sich gezeigt, dass das Reinhalten der jeweiligen Bauteile- bzw. -gruppen in bestimmten Produktionsumgebungen nicht trivial ist. Manche Hersteller bieten daher spezielle Druckluftspülungen an. Dies wird umso wichtiger, da in der Praxis oft eine geringe Bereitschaft zum Reinigen der Systeme anzutreffen ist. Man sollte daher gezielt nach den Wartungsintervallen fragen und kritisch die Konsequenzen für den internen Ablauf prüfen.

## Wichtige Leistungsparameter

Mit dem Ziel, wichtige Grundlagen für die Anschaffung eines Inline-Spektralmessgerätes bzw. den Vergleich unterschiedlicher Geräte bereitzustellen, werden im Folgenden herstellerunabhängige Kriterien vorgestellt. Wie immer im Leben kommt es freilich auf den individuellen Fall und die konkreten Aufgabenstellungen an, sodass diese Leistungsparameter und Praxisempfehlungen vor allem Orientierungscharakter aufweisen.

## Maximale Bogen- oder Bahngeschwindigkeit

Die maximale Bogen- oder Bahngeschwindigkeit gibt an, bis zu welchen

Geschwindigkeiten eine Einzelmessung sicher (gemäß Herstellerangaben) vorgenommen werden kann. Sie gibt nicht an, wie viele Laufmeter gedruckt werden müssen, um einen kompletten Druckkontrollstreifen einzumessen. Die Dauer der Messung eines kompletten Druckkontrollstreifens kann u. a. von der Druckgeschwindigkeit, der Anordnung sowie der Platzierung des Streifens auf der Druckform abhängig sein. Insbesondere die Software zur Farbmessung spielt hierbei eine große Rolle. Zeilenbasierte Systeme können in der Regel Druckkontrollstreifen schneller einmessen als punktbasierte (traversierende) Lösungen.

Bei der Evaluation von Inline-Spektralfotometer ist es empfehlenswert, sich die Messdauer für einen klar definierten Druckkontrollstreifen zusichern zu lassen.

### Minimale Feldgröße zur Messung

Die minimale Feldgröße zur Messung gilt strenggenommen nur für Idealbedingungen im Druck.

Auch hier gilt es vorab zu spezifizieren, auf welchen Substraten mit welchen Druckgeschwindigkeiten gedruckt wird und wo der Keil im Druckmotiv liegt. Bei manchen Systemen und Substraten kann dann aus einer angegeben minimaler Feldgröße von 5x5 mm schon durchaus 8x8 mm werden.

### Wellenlängenauflösung

Im technischen Datenblatt sollte angegeben sein, in welchem Wellenlängenbereich und mit welcher Spektralaufklärung ein Inline-Spektralmessgerät misst (z.B. von 400 nm bis 700 nm in 10 nm -Schritten). Empfehlenswert ist die Angabe der Messbedingung gemäß ISO 13655.

### Bandbreite der spektralen Auflösung

Die Bandbreite der spektralen Filter gibt an, wie genau ein Spektrum messtechnisch erfasst wird. Eine übliche Bandbreite ist z.B. 10 nm. Geräte zur Zeilenmessung arbeiten manchmal mit einer deutlich höheren Bandbreite, tasten das Spektrum also nicht so genau ab, um beispielsweise steile Reflexionsflanken mancher Sonderfarben genau zu erfassen. High-End-Lösungen weisen daher eine geringere, d.

h. bessere Bandbreite auf. Die konkreten Vorgaben zur Wellenlängenaufklärung sind mit der Angabe der Messbedingung (M0, M1, M2 oder M3) exakt definiert und brauchen somit keine separate Aufmerksamkeit mehr.

## Bedienung und Software-Schnittstellen

Ein nicht zu unterschätzender Faktor zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Inline-Spektralmessgeräts sind die Features der mitgelieferten Software sowie die Schnittstellen zu externen Systemen, um diese zur Automatisierung von allen angeschlossenen Prozessen und Programmen nutzen zu können.

### Umgang mit Druckkontrollstreifen

Im Offsetdruck liegen die Druckkontrollstreifen quer zur Druckrichtung. Im Flexo- und Tiefdruck gibt es eine wesentlich größere Bandbreite, wie Druckkontrollstreifen gestaltet und wo sie auf der Druckform platziert werden. Eine oft genutzte Möglichkeit ist die Platzierung am linken und/oder rechten Rand in Druckrichtung zusammen mit anderen Steuermarken.

Gerade im Flexodruck kommt es häufig vor, dass jeder Druckjob unterschiedliche Sonderfarben hat, dass sich die Belegung der Druckwerke mit Sonderfarben und CMYK-Prozessfarben pro Druckauftrag (Job) ändern oder dass einzelne CMYK-Prozessfarben durch Sonderfarben ersetzt werden. Dies hat zur Folge, dass praktisch jeder Druckkontrollstreifen ein Unikat ist.

Für den Bediener bzw. die Arbeitsvorbereitung ist es daher wichtig, dass sich die Messlösung bezüglich Druckkontrollstreifen an einem externen Arbeitsplatz konfigurieren lässt, damit das eigentliche Einrichten des Druckjobs an der Maschine möglichst schnell geht.

Je nachdem, welche Druckprodukte hergestellt werden, ist es oft auch der Fall, dass kleine Druckmarken in Laschen oder Bereichen außerhalb der Stanzform untergebracht werden. Dann muss das Inline-Spektralfotometer auf beliebigen

Stellen im Druckbogen messen können. Zeilenbasierte Spektralmesssysteme, die bei solchen Druckmarken mehrere Felder in einem Durchgang erfassen können, ermöglichen hier deutlich schnellere Messungen als punktbasierte Inline-Spektralfotometer.

Generell ist zu beachten, dass Inline-Spektralfotometer bei voller Produktionsgeschwindigkeit Druckkontrollstreifen bzw. -marken meist nicht gleichzeitig messen. Dies gilt auch für Druckkontrollstreifen, die in Druckrichtung liegen.

Sind solche Streifen die Regel, dann lohnt es sich vor dem Kauf nachzufragen, ob das System in der Lage ist, in einem Durchgang mehrere Felder eines Streifens (z.B. jedes vierte Feld) zu erfassen. Dies verringert während des Einrichtens des Druckjobs deutlich die Zeit, bis brauchbare Messwerte zur Verfügung stehen.

### Zwischenfazit zu Druckkontrollstreifen

Inline-Spektralfotometer, die ähnliche technische Daten in ihrer Hardware aufweisen, können je nach Leistungsfähigkeit ihrer Software Druckkontrollstreifen bzw. Druckmarken unterschiedlich schnell erfassen. Da sich Layout und Position typischer Kontrollelemente von Druckerei zu Druckerei unterscheiden können, ist es notwendig, die einzelnen Systeme vor einer Kaufentscheidung genau unter die Lupe zu nehmen.

### Sollwerte, Toleranzen und Protokollierung (Reporting)

Wenn es um die Bewertung und die Analyse von Druckergebnissen geht, dann haben unterschiedliche Benutzer verschiedene Vorstellungen. Dem Auftraggeber ist es wichtig, dass seine Haus- oder Markenfarben in engen Toleranzen gedruckt werden. Für ihn reicht eine Angabe in  $\Delta E$  ( $\Delta E_{00}$  oder  $\Delta E_{76}$ ) zu einem Farbton.

Für den Drucker ist beim Einrichten eine ausschließliche Angabe von  $\Delta E$  nicht hilfreich, da er damit allein keine Informationen hat, in welche Richtung die Abweichung geht, und ob und wenn ja mit welchen Maßnahmen er eine bessere Übereinstimmung erreichen kann.



Für die Volltöne ist z.B. eine „Bestmatch-Funktion“ sehr hilfreich, die dem Drucker sagt, mit welcher Änderung in der Dichte bzw. dem Konzentrat / Verschnitt-Anteil er voraussichtlich welche Verbesserung erreichen kann. Falls keine „Bestmatch-Funktion“ vorhanden ist, so gibt bei den Volltönen eine aufgeschlüsselte Darstellung für  $\Delta L$ ,  $\Delta C$  und  $\Delta h$  dem Drucker einen schnellen Hinweis, ob der aktuelle Vollton gegenüber der Vorgabe z.B. zu dunkel und zu gesättigt ist, was durch einen Druck mit niedrigerer Dichte oder Zugabe von Verschnitt schnell korrigiert werden kann.

### Bewertung von Volltönen / $\Delta E$ -Formeln

Im Bereich des Verpackungsdrucks gibt es keinen breit genutzten ISO-Standard, der besagt, nach welchen Toleranzformeln ( $\Delta E$ ) die Übereinstimmung des Drucks einer Vorgabe bewertet wird. In der Praxis findet man sowohl  $\Delta E_{76}$ ,  $\Delta E_{CMC}$  als auch  $\Delta E_{2000}$ . Die beiden letzteren Formeln lassen sich nochmals parametrisieren.

Je flexibler sich die  $\Delta E$ -Formeln verwenden lassen, desto besser ist man als Druckerei aufgestellt, wenn man mit verschiedenen großen Markenartiklern bzw. von diesen beauftragten Dienstleistern zu tun hat.

### Anzeige von Dichten und Tonwertzunahmen für Prozessfarben

Dichten und davon abgeleitete Tonwertzunahmen sind im Bereich der CMYK-Prozessfarben seit Jahrzehnten standardisierte Messwerte (ISO 5-3). Einige wenige spezielle Systeme erlauben auch die Verwendung eines Polfilters (M3) für die Dichtmessung. Die Polfilter-basierte Dichtmessung verringert Nass / Trocken- bzw. Matt/Glanz-Einflüsse bei der Farbmessung. Sie ist besonders im europäischen Offsetdruck weit verbreitet als auch im ProzessStandard Offsetdruck empfohlen. Verfahrensbedingt liefern M3-Polfilter-Messungen von der gleichen Messprobe größere Dichtewerte als M0-Messungen.

Kritisch zu betrachten sind M0- oder M2-messende Systeme, die eine Pseudo-Polfilter-Messung mittels Simulati-

on durchführen. Solche modellbasierten Dichtewerte können stark materialabhängig sein. Sie führen nicht zu einer Verringerung der Unterschiede in der Nass/Trocken-Messung.

### Anzeigen von Dichten und Tonwertzunahmen für Sonderfarben

Im Bereich der Sonderfarben sind die Verfahren zur Ermittlung von Dichten und Tonwertzunahmen deutlich weniger standardisiert. Bezüglich Dichte gilt es, die standardisierten Verfahren entweder mit dem nächstliegenden Filter einer Prozessfarbe zu messen (also den Filter zu verwenden, der den größten Wert liefert) oder die Dichte auf Basis der dominierenden Wellenlänge zu ermitteln („Spektrale Dichte“).

Im ersten Verfahren kann es aber zu größeren Schwankungen kommen, wenn eine Sonderfarbe im Grenzbereich zwischen zwei Filtern liegt.

Noch unübersichtlicher wird es, wenn es um die Berechnung von Tonwertzunahmen für Sonderfarben geht. Verschiedene Anbieter von Softwareprogrammen für die Prozesskontrolle im Verpackungsdruck haben hier eigene Formeln entwickelt, die in Projekten mit Markenartiklern auch schon in der Praxis zum Einsatz kommen. Ordnung bringt hier die ISO 20654:2017 (SCTV), die in aktuellen Handmessgeräten zum Jahresende 2017 implementiert wurde. Wann die Anbieter von Inline-Spektromessgeräten nachziehen, muss bei diesen erfragt werden.

### Schnittstellen zur Steuerungssystem der Druckmaschinen

Je enger ein Messsystem zur spektralen Inline-Messung an das Steuerungssystem der Druckmaschine angebunden ist, desto komfortabler lässt es sich in der Regel bedienen. Job-Daten sind z.B. nur einmal vorhanden und insbesondere die Schnittstelle zur Farbsteuerung der Maschine kann dann elegant angesprochen werden.

Während im Digital- und Offsetdruck eine Reihe von Maschinenherstellern schon seit vielen Jahren verschiedene Inline-Spektromessgeräte integriert hat, beginnt dies im Flexo- und Tiefdruck erst.

Definition und Übergabe von Messpositionen aus dem Workflow der Druckvorstufe

Im Offsetdruck stellt meist der Maschinenhersteller das Inline-Spektromessgerät inkl. vorgefertigten Druckkontrollstreifen zur Verfügung. Die Druckformerstellung ist in der Druckerei angesiedelt. Zwischen Vorstufen-Workflows und Druckmaschinen gibt es mit JDF eine etablierte Schnittstelle, um die Vorstufen-Daten zur Farbvorsteinstellung der Druckmaschine zu nutzen.

Da Druckvorstufe und Druck meist unter einem Dach angesiedelt sind, ist die Integration beider Systeme im Offsetdruck gut gelöst.

Im Flexo- und Tiefdruck ist das Szenario deutlich komplizierter. Druckvorstufe und Druck sind hier in der Regel getrennt. Dies bedeutet, dass ein Vorstufenbetrieb verschiedene Druckereien mit Druckformen beliefert und Druckereien Druckformen von verschiedenen Vorstufenbetrieben erhalten. Weiterhin sind hier Druckvorstufe und Druck nicht unter einem Dach und können daher auch über Netzkabel nicht einfach vernetzt werden.

Wird in der Druckvorstufe für den Flexo- oder Tiefdruck eine Druckform erstellt, so wird dort eindeutig festgelegt, welche Felder an welchen Positionen im Druckkontrollstreifen oder in Druckmarken vorhanden sind. Würde diese Informationen an das Inline-Spektromessgerät weitergegeben werden, so könnte sich der Drucker oder die Arbeitsvorbereitung einiges an Einstellungen sparen. Aufgrund der in diesem Absatz geschilderten Rahmenbedingungen gibt es allerdings erhebliche Hürden, solch ein Projekt aufzusetzen.

Der Branchenstandard JDF, der sich im Offsetdruck sehr erfolgreich als herstellerübergreifende Schnittstelle etabliert hat, befindet sich gerade im Zustand einer Generalüberholung. Der in den Startlöchern stehende Nachfolger XJDF wird individuelle Integrationen deutlich einfacher machen, da Standard-XML-Tools mit XDF sehr viel eleganter genutzt werden können als mit JDF.

Ob und wie das zur Vernetzung von Druckvorstufe und Inline-Farbmessung eingesetzt werden kann, bleibt allerdings abzuwarten.

### Im- und Export von spektralen Soll- und Messwerten im CxF3-Format

Geht es darum, Soll- und Messwerte zu verwalten, so stellt sich die Frage, ob dies auf Basis von CIELAB- oder Spektral-Daten geschieht. Für den Umgang mit CIELAB-Daten gibt es eine große Anzahl von Programmen, während die Handhabung von Spektraldaten komplexer ist und von weniger Programmen unterstützt wird. Trotzdem gibt es einige Gründe dafür ein Inline-Spektralfotometer einzusetzen, das sowohl beim internen Datenhandling als auch beim Im- und Export konsequent auf Spektralwerte setzt. Erstens können aus Spektralwerten jederzeit CIELAB-Werte errechnet werden, aber nicht umgekehrt. Sie ermöglichen zweitens die korrekte Umrechnung auf Dichte-Werte inkl. Tonwertzunahmen. Am allerwichtigsten ist allerdings die Option zur Vernetzung mit der Farbvorbereitung beim Handling von Sonderfarben.

Im Flexo- und Tiefdruck ist es üblich, dass die Druckereien in der Farbvorbereitung ihre Sonderfarben selbst anmischen, während im Offsetdruck oft der Farblieferant fertig angemischte Sonderfarben liefert.

Beim Einrichten eines Druckjobs an einer Flexo- oder Tiefdruckmaschine nimmt die Farbabstimmung von Sonderfarben ca. 30 – 60% der Einrichtungszeit ein.

Da speziell im Flexodruck das Verhältnis von Einricht- zu Produktionszeiten ungefähr bei 50% zu 50% liegt, wird ersichtlich, dass mittels einer intelligenten Vernetzung von Farbvorbereitung, Farbmessung im Druck und Farbkorrektur an der Maschine noch erhebliches Potential zur Steigerung der Produktivität von Druckmaschinen liegt.

Die Softwares für Inline-Spektralfotometer sollten daher beim Im- und Export von Soll- und Messwerten konsequent auf Spektraldaten im CxF3-Format gemäß ISO 17972 setzen.

Die CxF-Daten sollten dabei nicht nur die Spektraldaten an sich, sondern auch die Farbnamen und die Tonwertstufe enthalten. Werden mit dem Inline-Spektralfotometer komplette Druckkontrollstreifen oder Druckmarken eingemessen, so sollten diese Messwerte auch als komplette CxF3-Datei inkl. Farbnamen und Tonwertangaben exportiert werden können. Dies macht es einfacher die Messdaten in spezialisierten Softwares zur Farbprozesskontrolle auszuwerten.

Schaut man sich allerdings den augenblicklichen Software-Stand verschiedener Inline-Spektralfotometer an, so ist der Im- und Export spektraler CxF-Dateien durchaus unterschiedlich gut gelöst bzw. nur teilweise möglich.

### Pantone und PantoneLIVE-Unterstützung

Pantone ist in der grafischen Industrie und speziell im Verpackungsdruck das führende System zur Spezifikation von Sonderfarben. Für eine einfach zu bedienende Kontrolle von Sonderfarben soll die Softwares des Inline-Spektralfotometers die Sonderfarben-Bibliotheken in spektraler Form enthalten.

PantoneLIVE ist eine spezielle Cloud-basierte Anwendung, die optimierte Pantone-Bibliotheken für verschiedene Druckverfahren und Substrat-Klassen zur Verfügung stellt.

Um PantoneLIVE zu nutzen, müssen sowohl der Software-Hersteller als auch der Anwender jährliche Lizenzgebühren zahlen.

Lange hat PantoneLIVE nur ein Nischen-Dasein geführt. Da aber große globale Markenartikler beginnen, PantoneLIVE für die Farbkommunikation zu nutzen, werden eine Reihe von Druckereien und Vorstufenbetrieben, die für diese Kunden arbeiten, PantoneLIVE einsetzen müssen.

Wenn Druckereien PantoneLIVE-Vorgaben in engen Toleranzen einhalten müssen, sollte ein Inline-Spektralfotometer idealerweise auch PantoneLIVE direkt unterstützen. Alternativ kann aber auch ein Datenaustausch mit speziellen Softwares

zur Farbprozess-Kontrolle im Druck stattfinden, wo die PantoneLIVE-Einbindung schon gegeben ist.

Vergleichbares gilt für Farbdatenbanken anderer Hersteller wie beispielsweise die Colibri-Plattform von KonicaMinolta.

### Datenaustausch mit Softwares zur Farbprozesskontrolle im Verpackungsdruck

Softwareprogramme wie z.B. X-Rite ColorCert oder MeasureColor bieten sowohl eine Prozess-Kontrolle im Drucksaal, die Kontrolle von Prüfdrucken als auch Onlinedienste, damit Markenartikler standortübergreifend die Druckqualität bewerten können. Einige Inline-Spektralfotometer sind der Lage, Messdaten für die Auswertung in Softwares zur Farbprozesskontrolle zu exportieren.

Dies ist aber momentan noch ein holpriger Weg, da Templates für Druckkontrollstreifen und die Jobverwaltung jeweils sowohl in der Software des Inline-Spektralfotometers als auch der Software zur Farbprozess-Kontrolle vorgenommen werden muss.

Eine vollständige Integration, bei der der Anwender sämtliche Einstellungen für einen Job ausschließlich in der Software zur Farbprozess-Kontrolle macht und das Inline-Spektralfotometer nur als reines Messgerät arbeitet, ist bisher nur vereinzelt in kundenspezifischen Insellösungen umgesetzt.

### Schnittstellen zur Farbvorbereitung und Farbkorrektur an der Druckmaschine

Im Abschnitt zum Im- und Export spektraler Soll- und Messdaten wurde bereits dargelegt, wie wichtig im Flexo- und Tiefdruck die Schnittstelle zur Farbvorbereitung ist, um Einrichtzeiten zu verkürzen. Grundsätzlich gibt es hier zwei verschiedene Szenarien: Beim manuellen Im- und Export von Daten ist eine „Doppelte Buchführung“ der Sollwerte und der aktuellen Messwerte in der Software des Inline-Spektralfotometers inkl. Farbkorrektur an der Druckmaschine und der Farbvorbereitung notwendig.

Wenn beide Systeme eine gemeinsame Datenbank inkl. gemeinsamer Job-Verwaltung nutzen, ist der gesamte Workflow wesentlich schlanker. Bei der Prozesskontrolle an der Druckmaschine werden automatisch die Sollwerte der Farbrezeptierung der Sonderfarbe genutzt. Die Farbkorrektur an der Druckmaschine bedient sich automatisch des richtigen Rezepts aus der Farbrezeptierung. Nach erfolgter Farbrezeptur kann das geänderte Rezept gespeichert werden, um es bei einem Folgeauftrag direkt anmischen zu können.

## Fazit

Ein System zur spektralen Inline-Messung bei rollenbasierten Druckverfahren ist immer ein Zusammenspiel aus Hardware zur Farbmessung, der Software zur direkten Ansteuerung und der Anbindung an externe Lösungen wie z.B. MI-Systeme (MIS), den Prepress-Workflow oder die Farbvorbereitung.

Abschließend seien hier einige Impulsfragen zusammengestellt, die bei der Evaluation eines Inline-Farbmesssystems hilfreich sind.

- Welche Messaufgaben gibt es für das Farbmesssystem (dient das System nur zur internen Prozess-Kontrolle oder gibt es Qualitätsvorgaben / bzw. -vereinbarungen mit Markenartiklern, die eingehalten werden müssen)?
- Inwieweit müssen die Messergebnisse des Inline-Systems mit den Ergebnissen eines Handgeräts korrelieren? Soll das Inline-System auf ein Handmessgerät angepasst werden können?
- Welche Art von Kontrollstreifen bzw. -elementen sollen gemessen werden?
- Wie viele Varianten von Kontroll-Elementen gibt es?
- Wie werden diese verschiedenen Varianten erzeugt / verwaltet?
- Wie groß ist die Mindestgröße eines Kontrollelements bei den üblichen Substraten und Maschinengeschwindigkeiten?
- Wie werden dem Farbmesssystem die Positionen der zu messenden Elemente übermittelt?

- Wie lange braucht der Drucker an der Maschine, um einen typischen Messjob einzurichten?
- Können vorhandene Systeme zur Bahnbeobachtung bzw. 100%-Inspektion eingebunden werden?
- Wieviele Meter Makulatur müssen beim Einrichten gedruckt werden, bis belastbare Messergebnisse an einem typischen Kontrollstreifen zur Verfügung stehen?
- Aus welchen Quellen können Vorgabewerte zur Farbmessung stammen?
- Wie werden die Vorgabewerte dem System übermittelt und den zu messenden Feldern zugeordnet?
- Welche Anforderungen gibt es für ein firmeninternes Reporting?
- Gibt es Anforderungen für das Reporting an Kunden?
- Soll das Messsystem Daten mit der Farbvorbereitung austauschen können? (Import von Sollwerten, Export von Messwerten für Korrekturrezepte von Sonderfarben)?

die Einrichtung eines Jobs benötigt und wieviel Laufmeter Makulatur gedruckt werden müssen, bis es belastbare Messergebnisse gibt.

Angaben dazu können in der Regel nicht einem Datenblatt entnommen werden, sondern müssen mit dem Systemanbieter anhand der vorhandenen Rahmenbedingungen (Druckmaschine, Druckgeschwindigkeit, Drucksubstrate, Systematik der Kontrollelemente, MI-System, Druckvorstufe etc.) individuell ermittelt werden.

Sinnvoll ist es auf jeden Fall, sich zusammen mit den späteren Bedienern genau die Einrichtung eines Messjobs zu betrachten. Hier gilt es nicht nur zu beurteilen, wie das System mit dem Musterjob des Systemanbieters funktioniert, sondern wie Druckjobs mit den kundenspezifischen Kontrollelementen eingerichtet werden.



Die Fogra dankt **Jan-Peter Homann** von colormanagement, Berlin, für seine umfangreiche Zuarbeit zu dieser Publikation.

Im Bereich der rollenbasierten Drucksysteme befinden sich die Softwareprogramme zur Ansteuerung des Farbmesssystems und zur Vernetzung mit MI-Systemen und Druckvorstufe in einer ständigen Entwicklung. Verglichen mit dem Akzidenz-Rollenoffsetdruck sind allerdings die Anforderungen im Verpackungsdruck oft weitaus komplexer.

Je nach Software-Ausstattung des Farbmesssystems und der Anbindung an ein MI-System bzw. die Druckvorstufe kann es sehr große Unterschiede geben, wieviel Aufwand der Drucker an der Maschine für

