

Präzise Flüssiglackfarbmessung

MESSTECHNIK // BESSERE METHODIK
STEIGERT DIE PRODUKTIVITÄT



Hendrik Hustert und Ralph Wörheide

Eine präzise und sichere Farbmessung flüssiger Lacke eröffnet Wege zu einer innovativen Prozessführung, die eine Neuausrichtung hin zu einer flexiblen und effizienten Produktion ermöglicht. Aufwendige Prüfmethode am Ende der Prozesskette prägen bisher die Herstellungsweise in der Lackindustrie. Die Verkürzung von Prozesszeiten oder die Reduzierung von Varianzen in allen Stufen der Lackfertigung kann die Produktivität steigern. Die höhere Wertschöpfung können Unternehmen nutzen, um neue Produkte zu entwickeln, weitere Märkte zu erschließen und Kosten zu reduzieren. Die Flüssiglackfarbmessung könnte der Schlüssel dazu sein. Wird sie diesem Anspruch gerecht?

Der herkömmliche Prozess der Lackherstellung

Die Lackherstellung ist bisher durch langsame Prüfprozesse und Korrekturen am fertigen Produkt gekennzeichnet. Einen wesentlichen Anteil an den Prüfzeiten hat dabei die Farbeinstellung. Die etablierten Methoden basieren auf einer visuellen Betrachtung oder einer Farbmessung mittels Spektralphotometer nach einer Applikation des Materials. Als Applikationsmethoden kommt das Rakeln oder das Lackieren zum Einsatz. Beide Methoden haben Nachteile, die oft dazu führen, dass der Aufwand für Zwischenprüfungen, z. B. die Bewertung eines Mahlgutes oder einer Farbpaste, nicht durchgeführt wird. Bei Mahlgütern und bei Pasten ist ein hoher präparativer Aufwand notwendig, um das Material applizieren zu können. Dem gegenüber stehen zum Teil unsichere Ergebnisse am Ende des Prüfprozesses. Beim Rakeln spielen häufig Einflussfaktoren wie Flokkulation, Aufschwimmen oder Absetzen von Pigmenten eine Rolle, die zu variierenden und falschen Ergebnissen führen.

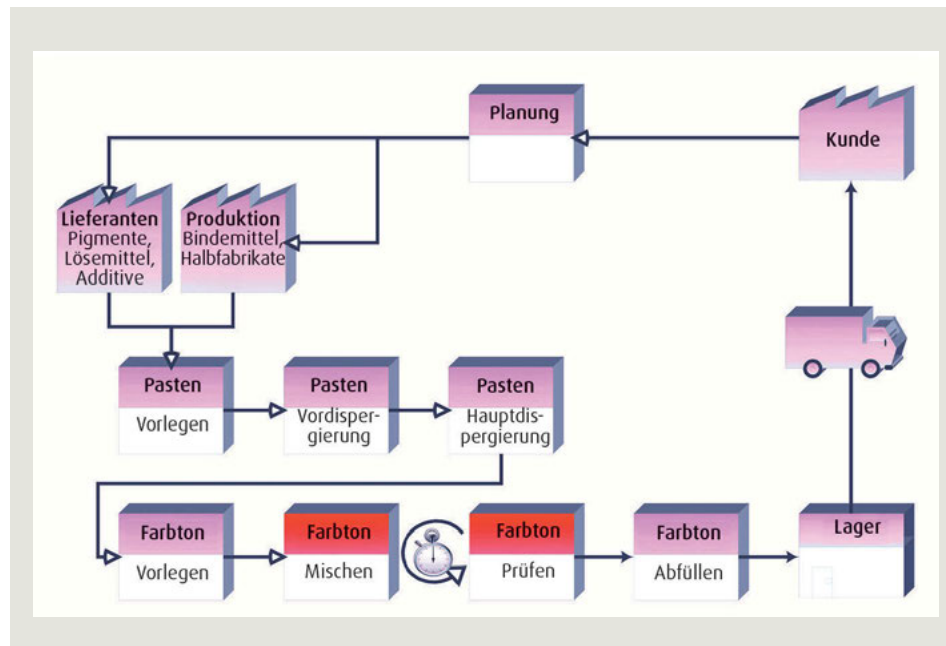


Abb. 1 //
Herkömmlicher Prozess der Lackherstellung (oben)

Abb. 2 //
Q-Chain LCM (links)

ren. Nicht zu vergessen sind auch die teilweise langen Trocknungszeiten bei hohen Schichtdicken und die häufig auftretende Blasen- und Kochebildung, die eine präzise Beurteilung und Vermessung der Muster erschweren. Bei der Spritzapplikation spielen alle Fakto-

ren, die für die Applikation in der Kundenanwendung gelten, eine entscheidende Rolle. Beispiele sind die Luftverhältnisse (Temperatur, Luftfeuchte, Luftströmung) in der Lackierkabine, der Zustand der Lackierorgane sowie die Temperatur und Viskosität des Lackmaterials. Sowohl beim Rakeln als auch beim Lackieren kommen die Varianzen durch die Messung mit einem Spektralphotometer hinzu.

Der herkömmliche Prozess sieht eine Qualitätskontrolle und -einstellung am Ende der Prozesskette vor (Abb. 1). Durch den Prüfprozess werden also Fehler korrigiert, die vorher in der Prozesskette nicht verhindert wurden. Diese retrospektive Qualitätseinstellung hat für den Prozess wirtschaftliche Folgen: Zum einen unterliegen die Fertigungszeiten hohen Schwankungen und erschweren damit eine effiziente Terminplanung. Daraus resultieren oftmals Eiltransporte, hohe Lagerbestände oder Preisabschläge. Ständige Änderungen der Produktionsplanung sind eine weitere Folge dieser Defizite. Darüber hinaus erfordern die Korrekturschritte einen hohen Ein-

Ergebnisse auf einen Blick

- Die Flüssiglackfarbmessung kann auf einem sehr hohen technischen Niveau durchgeführt werden und eröffnet Möglichkeiten, Produktionsprozesse effektiver und effizienter zu gestalten.
- Ein Unternehmen kann hierdurch den wirtschaftlichen Vorteil erlangen, den es benötigt, um flexibler, schneller und besser zu liefern.
- Die Flüssiglackfarbmessung ist nicht nur ein weiteres Messverfahren, sondern kann der Schlüssel zu einer modernen und schlagkräftigen Produktion sein.

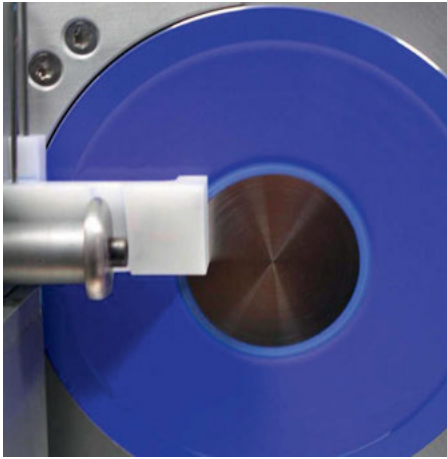


Abb. 3 // Rotierende Scheibe mit Küvette

Abb. 4 // Geschlossenes Messsystem

satz an Fachkräften in Produktion und Qualitätskontrolle. Neben diesen kostenintensiven Auswirkungen wird jeder Ansatz durch die Korrektur am Ende der Prozesskette zu einem Unikat, mit nicht prognostizierbaren Folgen in der Weiterverarbeitung des Kunden.

Die dynamische, berührungslose Flüssiglackmessung

Dem gegenüber steht die dynamische, berührungslose Flüssiglackmessung. Hier werden verschiedene Risikofaktoren der vorher genannten Methoden vermieden bzw. so stark reduziert, dass sie auf das Prüfergebnis keinen signifikanten Einfluss mehr haben. Im

Vordergrund steht die Messung des Materials und seiner Eigenschaften und nicht die Kombination aus Material und Applikationsprozess. Die Messungen sind nicht auf komplettierte Lacke beschränkt. Es können auch Mahlsätze, Pasten und Slurries charakterisiert und bewertet werden. Dadurch kann sehr früh in der Prozessfolge eine effiziente und effektive Kontrolle eingeführt werden. Die folgenden Prozessschritte „veredeln“ die Fehler nicht weiter, die Fehlerfortpflanzung wird unterbunden.

Messtechnik

Versuche, die Farbe flüssiger Lacke zu mes-

sen, gibt es viele. Die meisten führen auch zu Ergebnissen. Doch sind diese Ergebnisse präzise genug, um den Anforderungen z. B. der Automobil- oder Möbelindustrie zu genügen? Können auch Effektfarbtöne gemessen werden und wie prozesssicher ist die Messung?

Messmethode und Geräte

Das für die Messungen verwendete Flüssiglackmesssystem ist ein Q-Chain LCM (Abb. 2). Das Gerät beruht auf einer berührungslosen, dynamischen Farbmessung an einer freien, bewegten Oberfläche.

Hauptbestandteile sind eine rotierende Scheibe, eine hochpräzise Küvette zur Probenaufgabe sowie ein Mehrwinkel-Spektralphotometer. Die Mechanik zur Rotation der Scheibe und Verschiebung des Messgerätes ist auf höchste Wiederholgenauigkeit ausgelegt. Easy-to-use steht im Vordergrund. Am Gerät befinden sich nur zwei Bedienknöpfe. Die Steuerung erfolgt über einen angeschlossenen PC.

Abb. 3 zeigt die rotierende Scheibe und die Küvette. Die Scheibe rotiert entgegen dem Uhrzeigersinn. Das Material wird in flüssiger Phase in die an der Scheibe zwangsgeführte Küvette eingefüllt, die an ihrem unteren Ende einen definierten Spalt offen hält, an dem das Material ausfließt.

Durch die Rotation der Scheibe wird das ausfließende Material mitgenommen. Nach einer Umdrehung taucht es wieder in den Vorratsbereich der Küvette ein. Hier findet wieder eine Durchmischung mit flüssigem Material statt und der Prozess beginnt von vorn.

Die Ausbildung des Films hängt von der Viskosität, der Dichte und der Oberflächenspannung des Materials ab. Die Eignung eines Beschichtungsstoffes wird im Einzelfall empirisch überprüft. In bisherigen Anwendungen ist nur ein geringer Teil der Materialien nicht auf Anrieb zu verarbeiten gewesen.

Hat sich der Film nach dem Einfüllen stabilisiert, wird an der Oberfläche mit einem eigens für diesen Einsatzzweck entwickelten 3-Winkel-Spektralphotometer eine vollautomatische Farbmessung durchgeführt.

Die berührungslose, dynamische Messung hat den Vorteil, dass keine Abstandsvarianzen durch Anpressdruck oder Wölbung des Trägermaterials auftreten. Insbesondere bei winkelabhängigen Materialien können diese Einflüsse die Messwerte verfälschen. Durch die Scherung an der Grenzfläche des Küvettenpaltens werden Effektpigmente reproduzierbar ausgerichtet und die Möglichkeit geschaffen, diese genau und wiederholbar zu messen.

Die freie Oberfläche ist im Gegensatz zu einer durch ein transparentes Medium abgegrenzte Oberfläche zu unterscheiden. Gegenüber

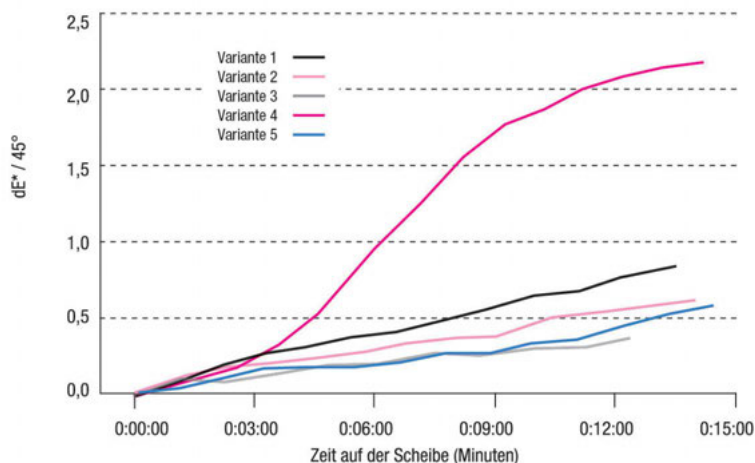


Abb. 5 // Stabilitätsprüfung an Pigmentzubereitungen. Gesamtfarbabstand dE^* (45°) vs. Verweilzeit für verschiedene Pigmentvarianten. Die Abmischung wurde mit Weißpigment vorgenommen

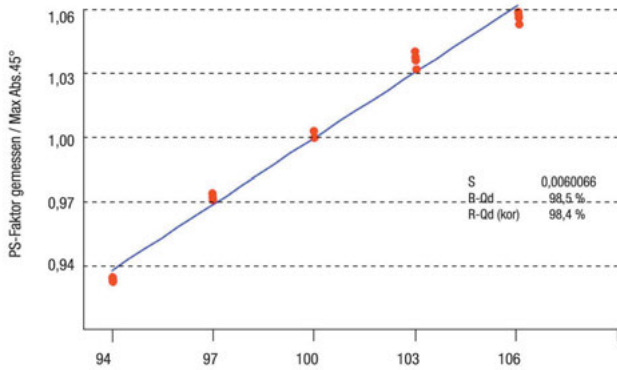


Abb. 6 // Messung von Pigmentpasten: Korrelation der Farbstärke mit Erwartungswerten. ($FS_{\max 45^\circ} = -0,0339 + 0,01033$ Einwaage)

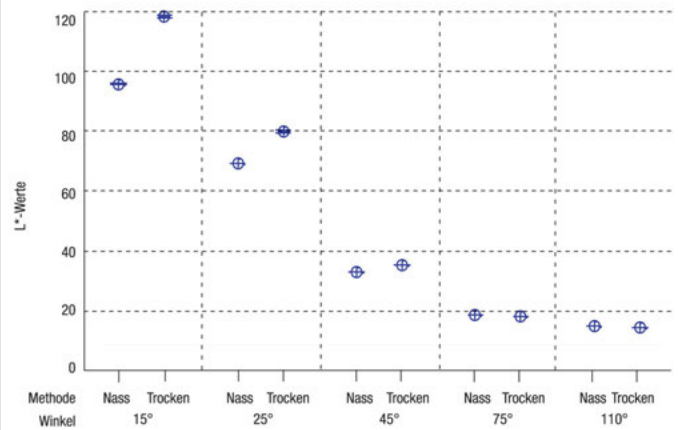


Abb. 7 // Gegenüberstellung L^* eines Metallic-Lackes: Vergleich der L^* -Werte nach Winkel. Flüssiglackfarbmessung und Trockenlackmessung nebeneinandergestellt

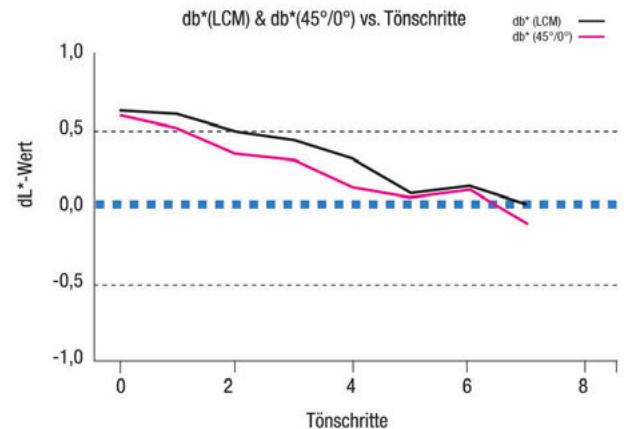
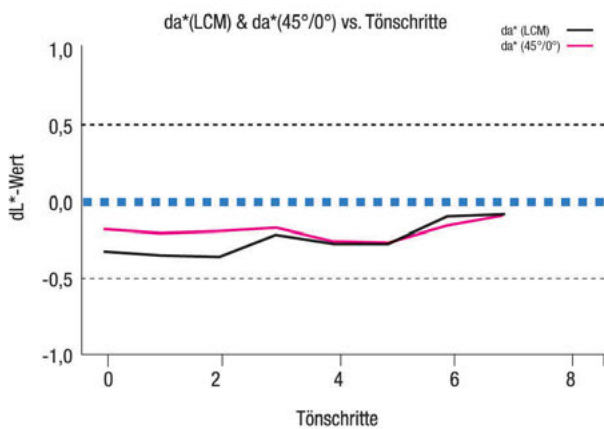
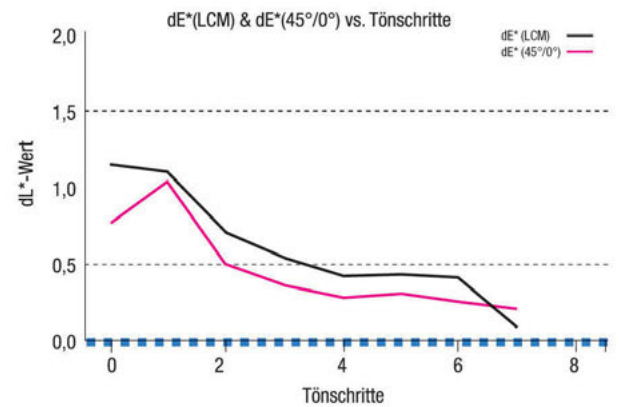
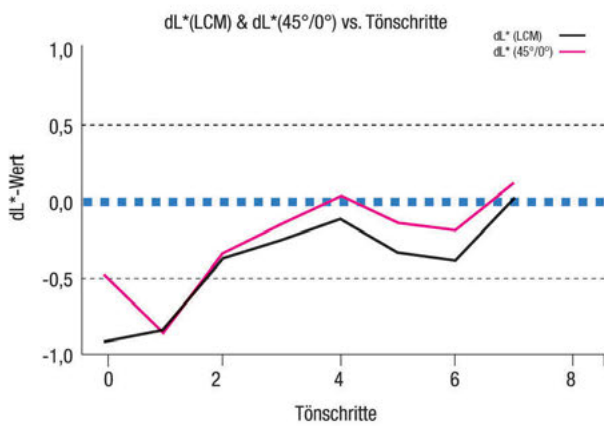


Abb. 8 // Tönverlauf eines Farbtones

Messungen durch Trägermaterialien, wie z. B. Küvetten oder Fenster aus Glas, Kunststoff oder anderen transparenten Materialien, hat diese Methode den Vorteil, dass wechselnde Affinitäten der Pigmente zu den transparenten Materialien nicht zu Anhaftungen der Pigmente an der Grenzfläche führen und dadurch die Messungen nicht verfälschen. Der Messablauf ist einfach. Vor der Messung wird die Probe in der Datenerfassung spezifiziert und das Gerät zur Messung freigeschaltet. Nach Schließen der Klappe (Abb.

4) werden die darauf folgenden Schritte automatisch durchgeführt. Der Ausschluss des Bedieneinflusses reduziert die Streuung und ermöglicht den Einsatz im Produktionsbereich.

Auswertung der Messergebnisse

Die Spektralwerte der Messungen werden in eine Datenbank gespeichert und durch eine Software farbmetrisch ausgewertet. Mit den gewonnenen Daten lassen sich anwender-

spezifische Auswertungen und z. B. auch Berechnungen von Korrekturen durchführen. Sowohl die beschreibende Farbmetrik wie auch alle darauf basierenden farbmetrischen Berechnungen werden in einem auf den Einsatzzweck abgestimmten, modularen Softwarepaket durchgeführt.

Die Bewertung der gemessenen Daten erfolgt jeweils gegen einen digitalen Flüssigstandard. Dies bedeutet zunächst, dass vor der eigentlichen Nutzung des Systems Zielwerte für die Farbtöne im flüssigen Zustand erzeugt werden müssen. Dieser Vorgang ist ein entscheidender Schritt, um die Farbtöne später genau zu berechnen. Als Standards werden Proben vermessen, die in der Kundenapplikation zu hervorragenden Ergebnissen geführt haben. Es ist unerheblich, ob es sich um Neuentwicklungen oder laufende Produkte handelt.

Die farbmetrischen Berechnungen sind hinsichtlich der unterschiedlichen Rahmenbedingungen auf den Anwendungsfall der Flüssigmessung genau zugeschnitten und somit durch Standardsoftware nicht abzubilden. Um eine optimale Abstimmung mit dem Messverfahren zu gewährleisten, wird ein auf diesen Anwendungszweck zugeschnittenes Softwarepaket verwendet. Anpassungen an individuelle Kundenanforderungen und Schnittstellen zu Berichtssystemen sind damit einfach zu bewerkstelligen.

Die abschließende Reinigung der Scheibe erfolgt manuell durch die scharfe Kante eines Pappbechers, an der das gemessene Material in den Becher fließt. Mit wenig Reinigungsmittel kann die Scheibe dann von Resten befreit werden (der gesamte Messvorgang inklusive der Reinigung benötigt ca. 3 Minuten).

Tab. 1 // Vergleich Flüssig- und Trockenmessung

Messung mit Flüssiglackmesstechnik				
Wert	Anzahl	Mittelwert	Std-Fehler	Spannweite
L* (15°)	12	96,126	0,00995	0,108
L* (25°)	12	69,446	0,0108	0,108
L* (45°)	12	33,346	0,00656	0,065
L* (75°)	12	18,756	0,00534	0,0563
L* (110°)	12	15,001	0,00393	0,0412
Messung nach Spritzapplikation				
Wert	Anzahl	Mittelwert	Std-Fehler	Spannweite
L* (15°)	12	118,54	0,165	2,07
L* (25°)	12	80,102	0,134	1,792
L* (45°)	12	35,426	0,0514	0,605
L* (75°)	12	18,222	0,0217	0,280
L* (110°)	12	14,521	0,0162	0,205

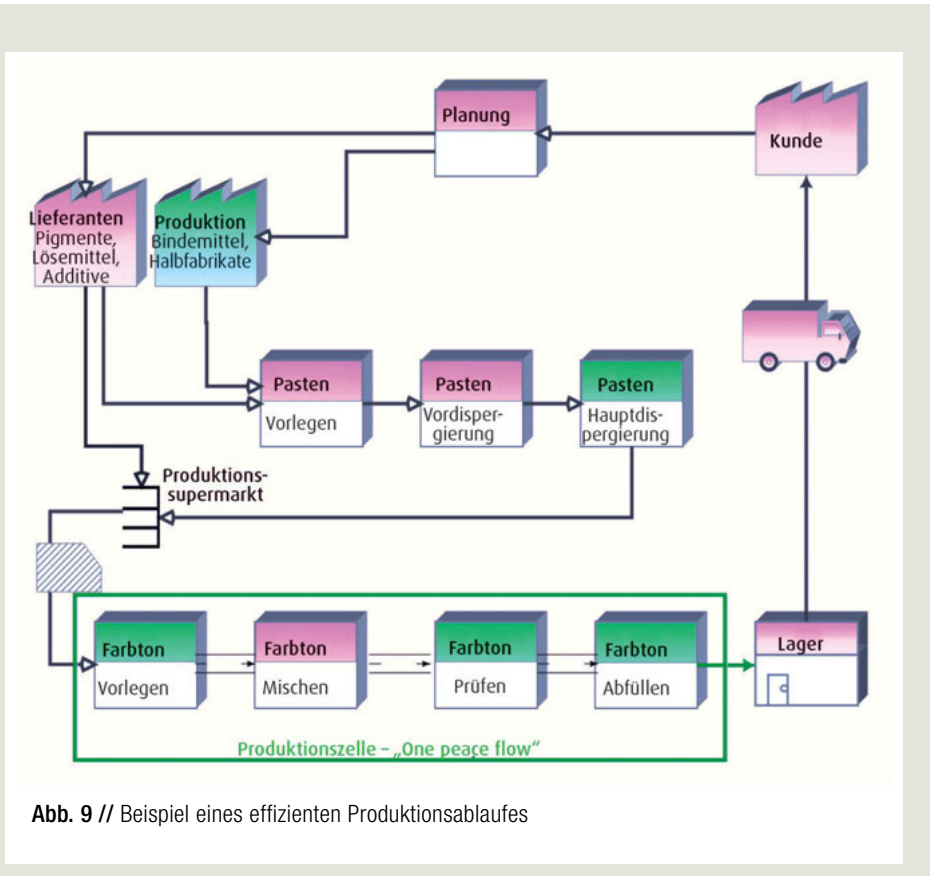


Abb. 9 // Beispiel eines effizienten Produktionsablaufes

Messmittelfähigkeit der Flüssiglackfarbmessung

Neben den üblichen Verfahren der Messsystemanalyse [1] kann die Fähigkeit der Flüssiglackmessung und der trockenen Methoden einfach überprüft werden, indem dieselben Materialien einer Mehrfachprüfung unterzogen werden. Tabelle 1 zeigt Werte für den Helligkeitswert L* für verschiedenen Betrachtungswinkel einer Mehrfachprüfung eines Effektlackes mittels Flüssiglackmessung und des lackierten Materials. Die korrespondierenden Lackierungen wurden in einem klimatisierten Lackiererraum erzeugt und anschließend mit einem Goniospektralphotometer (X-Rite MA-Serie) vermessen.

Deutlich zu sehen sind signifikante Unterschiede des Standardfehlers und der Spannweite der Werte. Insbesondere die nahe am Glanzwinkel gemessenen Werte zeigen hohe Unterschiede. Die Spannweite für den Helligkeitswert L* entspricht für den 15°- und

25°-Winkel bei der Spritzapplikation dem 15- bzw. 20-fachen der entsprechenden Messungen der Flüssiglackmessung. Für den Herstellungsprozess des Beschichtungsmaterials kann das bedeuten, dass Material freigegeben wird, das noch eine Korrektur benötigen würde oder Material korrigiert wird, das den Anforderungen der Spezifikation entspricht. In beiden Fällen fallen Zusatzarbeiten an.

Beispiele für Einsatzgebiete

Die Flüssiglackmessung kann von der Rezeptentwicklung bis zur Endkontrolle der Ansätze eingesetzt werden. Rohstoffe und zugekaufte Halbfabrikate können einfach charakterisiert werden und so schon bei Anlieferung wertvolle Daten für die weitere Verarbeitung liefern. In den weiteren Prozessschritten können Mahlgüter gemessen und basierend auf den Daten Optimierungen hinsichtlich der Qualität und des Durchsatzes an der Mühle durchgeführt werden. Im Folgenden beschreiben wir einige Anwendungsbeispiele:

Pigmentzubereitungen

Mithilfe der Flüssiglackfarbmessung können sowohl in der Entwicklung als auch in der Qualitätskontrolle wertvolle Informationen über Pigmentzubereitungen gewonnen werden. Dazu werden z. B. Pasten in eine definierte Abmischung mit einem weißen Prüflack gebracht und die Änderung der Farbwerte in Abhängigkeit der Zeit gemessen. *Abb. 5* zeigt ein Beispiel für eine Stabilitätsprüfung für fünf unterschiedliche Rezeptvarianten. Die Pastenmischungen wurden in dieser Untersuchung über einen Zeitraum von bis zu 15 Minuten gemessen. Deutliche Abweichungen zeigt die Variante 5. Bei den übrigen Modifikationen sind Unterschiede zu sehen, allerdings verhalten sich alle außer der Variante 5 linear. Die verschiedenen Modifikationen lassen sich anhand der Gleichungsparameter und der Güte der linearen Anpassung unterscheiden und bewerten.

Farbpasten können mittels Flüssiglackmessung sehr einfach bezüglich Farbstärke kontrolliert und eingestellt werden. In *Abb. 6* ist die hohe Korrelation einer Verdünnungsreihe zu errechneten Farbstärkewerten zu erkennen. Die Regression liegt in diesem Beispiel bei 98,5 %. Die Messung mit einem Mehrwinkelspektralphotometer ermöglicht auch die Charakterisierung der Aufschlüsse von Effektpigmenten. Die Farbstärke der Pasten, die Wirkung von Aluminium-Aufschlüssen und das Färbevermögen von Effektpigmenten haben einen direkten Einfluss auf die Laderezepte der Farbtöne. Ausgehend von diesen Informationen können die Rezepte der Farbtöne schon vor dem ersten Laden des Ansatzes angepasst werden. Die Farbtöne werden sehr nahe am gewünschten Zielpunkt geladen und es sind nur noch marginale Korrekturen notwendig. Der Einsatz eines hochpräzisen, auf den Anwendungszweck optimierten Mehrwinkelspektralphotometer erlaubt die Charakterisierung und damit auch die Einstellung von Effektlacken. *Abb. 7* zeigt die Gegenüberstellung der Helligkeitswerte eines Materials als Flüssiglackfarbmessung und der entsprechenden trockenen Messung in Abhängigkeit vom Betrachtungswinkel.

In beiden Fällen sind die Werte für die Winkel deutlich verschieden. Allerdings zeigt sich, dass sich die Absolutwerte der Messungen unterscheiden. Dies ist auf die unterschiedliche Ausrichtung der Effekteilchen aufgrund der verschiedenen Applikationsverfahren zurückzuführen. Die Werte der Flüssiglackmessung und der Trockenmessung nach Applikation können allerdings korreliert werden. Dadurch ist es möglich, aufgrund der Flüssiglackfarbmessung die richtigen Rückschlüsse für die Qualitätseinstellung zu ziehen.

Abb. 8 zeigt den Verlauf einer FarbtonEinstellung. Dargestellt sind die CIELab-Differenzwerte für die einzelnen Tönschritte. Die Verläufe der Flüssiglackfarbmessung (schwarze Linien) und der Messung an trockenen Mustern (rote Linien) ist sehr ähnlich. Die Differenzen sind auf Unterschiede und Varianzen der Prüfverfahren, insbesondere des La-

ckierprozesses zurückzuführen. Das als Flüssiglackvorlage verwendete Material weist eine Helligkeitsdifferenz gegenüber dem ursprünglichen Vorlagematerial auf. Daher wurden die Kurven normiert.

Ein wirtschaftliches Prozessmodell mit Flüssiglackfarbmessung

Mit der Flüssiglackfarbmessung ist ein neues Prozessmodell möglich, das sich nicht mehr an einer retrospektiven Qualitätseinstellung ausrichtet. Die oben beschriebenen Beispiele der Flüssiglackfarbmessung zeigen, dass von der Rohstoffkontrolle bis zur Endfreigabe schon früh Materialparameter gemessen und in die Prozessführung eingebunden werden können. Darauf aufbauend kann ein Produktionsablauf anders organisiert werden. Abweichungen im Prozess können sofort erkannt und korrigiert werden und pflanzen sich nicht in den Folgeschritten fort. *Abb. 9* zeigt einen beispielhaften Ablauf, der sich unter Zuhilfenahme der Flüssiglackmessung an den erfolgreichen Lean- und Six Sigma-Prinzipien orientiert. Vorteile sind kurze Produktionsdurchlaufzeiten, weniger Fehlchargen, genauere Einhaltung von Terminvorgaben und niedrigere Bestände im Produktionsablauf.

Literatur

[1] Band 5 Prüfprozesseignung: Eignung von Messsystemen, Mess- und Prüfprozessen – Erweiterte Messunsicherheit, Konformitätsbewertung. VDA QMC 2011

HENDRIK HUSTERT,

Jahrgang 1967, studierte „Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe“ an der Universität-GH-Paderborn. 1994 trat er im Bereich der Qualitätskontrolle Reparaturlacke in die Herberths GmbH ein. Später leitete er die Farbtonentwicklung Reparaturlacke bei der Dupont Performance Coatings GmbH, bevor er in die Prozessoptimierung wechselte. Seit 2011 ist er als Lean-Six Sigma-Masterblackbelt mit dem Ingenieurbüro Flow2grow selbstständig und berät Unternehmen der Lack- und Beschichtungsindustrie.

RALPH JAN WÖRHEIDE,

Jahrgang 1968, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Produktionswirtschaft und -controlling sowie Technischer Chemie an der Technischen Universität



Berlin. Ab 1999 baute er für einen Chemiekonzern harmonisierte Qualitätstechnologien mit auf und entwickelte dazu ein globales Servicesystem. Im Jahr 2009 gründete er die Dewis GmbH, die messtechnische Systeme entwickelt, baut und vermarktet. Dort ist er als Geschäftsführer tätig.



HENDRIK HUSTERT,
Flow2grow

Geprüft bunt

INTERVIEW // MIT ROBUSTER VERARBEITUNG UND EINFACHER DATENSPEICHERUNG FARBEN MESSEN

Bitte erläutern Sie nochmals in anderen Worten, welchen Einfluss die Messgeometrie Ihres Gerätes auf Effektpigmente hat.

Die Dreiwinkelmessung erlaubt auch die Messung von Effektlacken oder Slurries. Die Messwinkel sind so gewählt, dass zum einen eine gute Differenzierung möglich ist, zum anderen Einflüsse von Oberflächenstörungen minimiert sind.

Beschreiben Sie das Gerät ein bisschen genauer. Mit welchem Material wurde es verbaut? Wieviel Platz bedarf es?

Das Messgerät ist eine robuste Konstruktion aus Aluminium mit Edelstahlgehäuse. Die Flächen sind lösemittel- und säurebeständig. Mit einer Breite von 640 mm und einer Tiefe von 430 mm passt das Gerät auf jeden Labortisch.

Wo wird das Gerät Ihrer Erfahrung nach bislang am häufigsten eingesetzt?

Hauptsächlich finden wir die Geräte in den Qualitätslaboren im Produktionsprozess. Es eröffnen sich schnelle und kostengünstige Möglichkeiten für die Prüfung von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Endprodukten. Die Herstellungsprozesse können früh kontrolliert und Farbtonkorrekturen reduziert werden. Es gibt darüber hinaus zahlreiche Einsatzmöglichkeiten in der Lackentwicklung.

Ist es geplant anstatt einer Extra-Messung der guten Kundenapplikationsproben, Werte einspeichern zu können?

Das ist schon heute gegeben. Ein Material wird nur einmal eingemessen. Die Proben, die in der Kundenapplikation zu sehr guten Ergebnissen führen, werden als digitaler Standard gespeichert. Dieses Verfahren ist die direkteste Form der Korrelation von Flüssigmessung zu den Lackierergebnissen. Häufig werden auch Ansätze mit guten Messwerten aus der Freigabepfung ausgewählt.

Das Interview führte Sonja Specks, FARBE UND LACK

// Autorenkontakt: Hendrik.Hustert@flow2grow.de

