

# Grüne Welle – vom Lackdesign zur Serienproduktion



**LACKENTWICKLUNG** // DER ERFOLG IM ENTWICKLUNGSPROZESS  
EINES NEUEN FARBTONS MISST SICH AN DEN VERKAUFZAHLEN, ABER  
AUCH DARAN, DASS DER URSPRÜNGLICH VOM DESIGN GEWÜNSCHTE  
FARBEINDRUCK REPRODUZIERBAR UND KOSTENGÜNSTIG IN DER  
SERIENLACKIERUNG DARGESTELLT WERDEN KANN.

Karl-Friedrich Dössel, Ralph Wörheide und Hendrik Hustert, Orontec

**W**eltweit werden jedes Jahr ca. 1.000 neue Farbtöne in der Autoserienlackierung eingeführt. Dahinter steht ein Entwicklungsprozess, der häufig mit der Bemusterung neuer Effektpigmente an den Lackhersteller beginnt. In der Kommunikation zwischen Pigment- und Lackhersteller findet die erste Auswahl und Optimierung statt, die dann in eine Vorstellung von Farbtonvorschlägen auf lackierten Blechen oder kleinen Fahrzeug-„Shapes“ bei der Designabteilung des Autoherstellers mündet. Nach einer vorläufigen Farbtonauswahl werden die neuen Farbtöne in einem aufwendigen Prüfprogramm beim Lackhersteller zum einen auf sichere Produzierbarkeit in der Lackfertigung, wie auch die sichere Applizierbarkeit (Arbeitsfenster) unter den Bedingungen der Serienlackierung geprüft. Der Erfolg im Entwicklungsprozess eines neuen Farbtöns misst sich an den Verkaufszahlen, aber auch daran, dass der ursprünglich vom Design gewünschte Farbeindruck reproduzierbar und kostengünstig in der Serienlackierung dargestellt werden kann.

### Schwachstellen in der Kommunikation über Farbe

Entlang der beschriebenen Prozesskette kann der genaue (visuelle) Farbeindruck heute mit winkelabhängigen Spektralphotometern sehr genau numerisch beschrieben werden. Auch die vom kritischen Kunden noch wahrnehmbaren Farbunterschiede bzw. Toleranzen sind heute weitgehend erforscht und beschrieben [1], [2]. Eine der Schwachstellen in der Prozesskette ist die manchmal starke Abhängigkeit des Farbtöns auf dem Blech von den Applikationsbedingungen. In der Praxis kommt es so immer wieder zu Abweichungen im Farbton zwischen der Prüfapplikation in der Qualitätskontrolle des Lackherstellers und dem, was bei der Serienlackierung auf dem Auto als Farbton resultiert. Diese Abweichungen zu erkennen und zu korrigieren, der sogenannte „Linienabgleich“ der Prüfapplikation, erfordert kontinuierlich einen enormen Aufwand. Wenn dann der Farbton der Serienlackierung auf dem Blech noch Abweichungen zum Farbton der Kunststoffanbauteile hat, findet die Fehlersuche und Beseitigung häufig im Krisenmodus statt. Dabei kann über die kolorimetrische Farbtonmessung zwar der Grad der Abweichung schnell und klar beschrieben werden. Ob die Ursache dafür allerdings im Lackmaterial oder in Abweichungen bei der Applikation liegt, ist meistens nicht so schnell zu ermitteln. Sachliche Ursachenforschung weicht dabei manchmal vorschnellen Schuldzuweisungen. Im Folgenden wird nun ein Verfahren vorgestellt, mit dem sich die Farbe im flüssigen Zustand – unabhängig von dem Applikationseinfluss – mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit kolorimetrisch vermessen lässt.

### Ergebnisse auf einen Blick

- Herkömmliche Methoden zum Farbabgleich sind fehleranfällig und zeitaufwendig.
- Mit der Messung an der flüssigen Pastenprobe können Zeitaufwand und Reproduzierbarkeit verbessert werden.
- Die Anzahl der Korrekturschritte am fertigen Lack kann deutlich reduziert werden.
- Die Entwicklung neuer Farbtöne, die Konstanz der Chargenfertigung von Pigmentpasten und farbigen Lacken, wie auch die Farbkonstanz beim Lackanwender konnte verbessert werden.
- Mit der gleichzeitigen Verkürzung von Durchlaufzeiten werden auch die heutigen Anforderungen an eine flexible, auftragsbezogene Produktion erfüllt.

### Messung des Farbtöns am flüssigen Lack

Um die Farbe so messen zu können, wie sie durch Pigmente, Bindemittel und Additive im flüssigen Lack vorliegt, muss eine flüssige Lackoberfläche ohne Effekte der Antrocknung, Aufschwimmen oder Absetzen von Pigmenten erzeugt werden. Zur Vermessung von Effektlacken mit winkelabhängigem Helligkeits- und/oder Farb-Flop muss außerdem ein Schergefälle erzeugt werden, in dem sich die Effektpigmente parallel zur Oberfläche ausrichten. Viele der möglichen Messanordnungen sind daher nicht für diese Aufgabe geeignet (Abb. 1). Bei der dynamischen Messung LCM (Liquid Color Measurement) wird ein flüssiger Lackfilm durch einen Spalt aus einer Küvette auf einer rotierenden Scheibe verteilt (Abb. 3). Durch die Rotation wird die Lackoberfläche bei jeder Umdrehung erneuert. Durch die Scherung im Spalt zwischen Küvette und Scheibe kommt es zu einer Ausrichtung der Effektpigmente. Pigment-Flokkulation und Absetzen können das Ergebnis nicht verfälschen. Bei der Messung durch optische Fenster (Glas, Saphir, Fiberoptik) treten selektive Adsorptionseffekte von Pigmenten auf, die das Ergebnis verfälschen. Dies wurde bei Vergleichsmessungen nachgewiesen. Abb. 2 zeigt exemplarisch den Verlauf für ein Rot-Pigment.

Tab. 1 // Messdaten und Auswertung der Farbstärke-messung mit LCM und Trockenmuster nach Applikation.

Blau-Pig. (g)	Weiss-Pig. (g)	FS theo (%)	FS LCM gewichtet (%)	FS trocken (%)
16	80	80	81,1	87,2
18	80	90	89,7	93,8
20	80	100	100,0	100,0
22	80	110	109,1	105,5
24	80	120	119,1	110,8
Bestimmtheitsmaß		1,0000	0,9994	0,9979
Korrelationskoeffizient		1,0000	0,9997	0,9990
Steigung		1,0	0,952	0,588
Achsenabschnitt		0,00	4,57	40,62

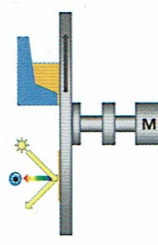
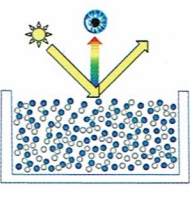
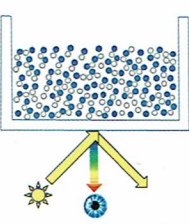
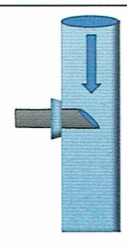
Berührungslose, dynamische Messung LCM	berührungslose, statische Messung	Messung durch ein Medium (Glas)	Messung mit Glasfaseroptik, Eintauchprobe
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ hohe Wiederholbarkeit</li> <li>+ schnelle Messung</li> <li>+ Mehrwinkel-Messung (Effekt Pigmente)</li> <li>+ keine Flokkulation</li> <li>+ kein Absetzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Farbtonabweichung durch Verdunstung, Antrocknung, Flokkulation, Absetzen</li> <li>- Keine Effektfarbtöne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Farbtonabweichung durch selektive Adsorption von Pigmenten an der Glasoberfläche</li> <li>- Farbtonabweichung durch Flokkulation und Absetzen</li> <li>- Keine Effektfarbtöne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Farbtonabweichung durch selektive Adsorption von Pigmenten an der Sondenoberfläche</li> <li>- Keine Effektfarbtöne</li> </ul>

Abb. 1 // Methodenvergleich zur Farbmessung an flüssigen Lacken.

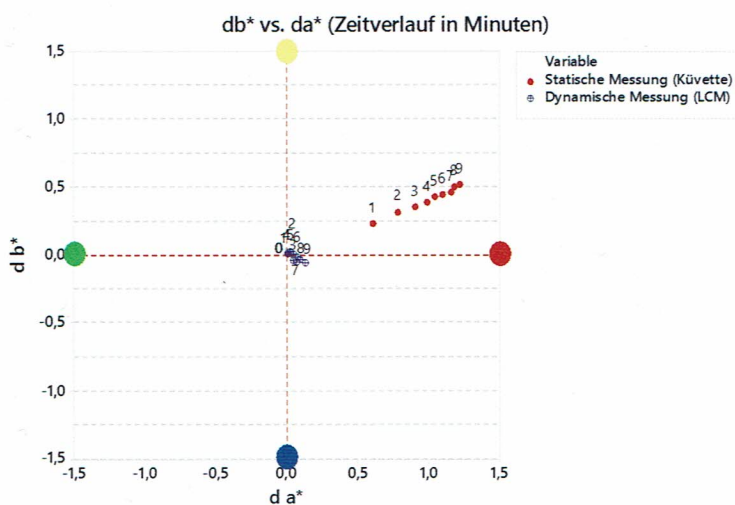


Abb. 2 // Farbmessung  $a^*b^*$  im Vergleich von rotierender Scheibe LCM und Glasküvette.

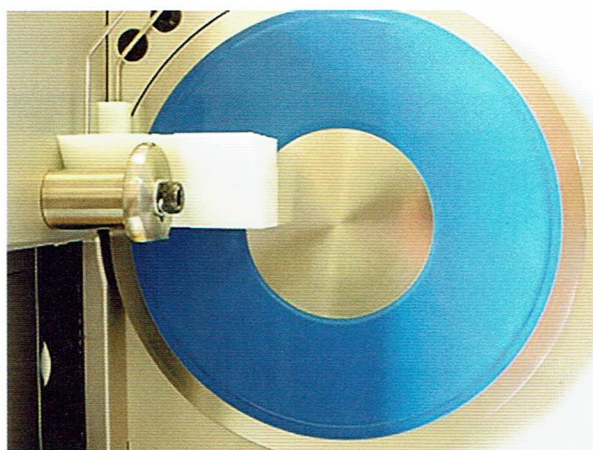


Abb. 3 // Messung einer flüssigen Lackprobe.

Als einziges aller Verfahren kann die drehende Scheibe LCM auch die winkelabhängigen spektralphotometrischen Daten von Effektfarbtönen ermitteln. Damit eignet sich die Methode auch, um z. B. die Chargenkonstanz von Aluminium Effektpigmenten zu ermitteln. Abb. 4 zeigt zum einen die Eignung der LCM Methode auf der Effektausrichtung beruhende winkelabhängige Helligkeiten zu messen. Zum anderen können ohne den Einfluss und die Varianz einer Applikationsmethode Unterschiede der Chargen ermittelt werden. Die Methode eignet sich somit, die Kommunikation über Farbe zwischen Pigment-Hersteller und Lackfirma zu objektivieren.

### Bestimmung der relativen Farbstärke

Bei der Entwicklung von Pigmentpasten und Optimierung von Mahlprozessen ist die relative Farbstärke [3] ein wesentliches Optimierungskriterium, weil damit die Kosten für den Pigmenteinsatz sowie Fertigungszeiten und Energieaufwand im Mühlenprozess reduziert werden können. Die üblichen Methoden zur Farbstärkeermittlungen benutzen die Messung der kolorimetrischen Daten der Weißabmischung – meist durch Aufrakeln und Trocknen von Lackproben, die aus den Prozessvarianten der Entwicklung kommen. Die aufwändige und nicht besonders reproduzierbare Herstellung der Farbmusterkarten führt aus Zeitgründen meist zu einer statistisch nicht sicheren Datenbasis. Da das Aufrakeln als Applikationsmethode auch anfällig gegen Aufschwimmen und Flokkulation ist, ergeben sich in der Auswertung häufig systematische Fehler, wie in Abb. 5 deutlich wird.

Die in der X-Achse aufgetragene erwartete Farbstärke (FS theo [%]) errechnet sich aus der Einwaage eines bestimmten Farbmittels, hier in einem Konzentrationsbereich von 80 bis 120 %. Die relative Farbstärke korreliert definitionsgemäß mit der Konzentration. Zu erwarten wäre eine lineare Korrelation zwischen der erwarteten Farbstärke und den gemessenen Werten.

Während der Korrelationsindex für beide Methoden gleichgute Ergebnisse liefert, zeigt die Steigung bei der Trockenmessung mit 0,588 schon eine starke Abweichung vom theoretischen Wert „1“ (Tab. 1). Auch sollten die Kurven durch den Nullpunkt (Achsenabschnitt = 0) verlaufen. Die Trockenauswertung zeigt wieder eine erhebliche Abweichung. Es ist anzunehmen, dass bei der Trockenapplikation Flokkulation oder Aufschwimmen stattfinden und die Messdaten systematisch verändern. Ein Tönen von Ansätzen auf der Basis der Farbstärkebestimmung durch Aufrakeln/Trockenmessung wird daher zu einem systematischen Fehler führen.

**Farbmessung im Prozess der Chargenfreigabe**

In den ersten Schritten der Lackproduktion werden Halbfabrikate hergestellt, aus denen dann chargenweise farbige Lacke gemischt werden (unterer Bereich der Abb. 6). Insbesondere die Prozessschritte Mischen, Qualitätskontrolle und Tönen sind meistens sehr zeitaufwändig. Bei Effektfarbtönen sind zehn Tönschritte (Mischen-Prüfen-Tönen) durchaus üblich. Mit einem Zeitaufwand von ca. einem Tag pro Tön-Zyklus ergeben sich damit Gesamt-Chargen-Durchlaufzeiten von zwei Wochen und mehr. Eine auftragsbezogene Fertigung (made to order) ist damit meist nicht möglich. Um kurze Lieferzeiten für den Kunden zu ermöglichen, müssen Lacke auf Vorrat produziert werden (made to stock). Dies führt zwangsläufig zu höherem Umlaufvermögen und in einem dynamischen Markt auch häufig zu nicht mehr verkäuflichen Lagerbeständen. Mit der Flüssiglackmessung kann der Farbort einer flüssigen Lackprobe innerhalb von drei Minuten ermittelt werden. Damit kann der Zeitbedarf für Korrekturschritte insgesamt deutlich reduziert und in vielen Fällen die Umstellung von einer Lagerfertigung zu einer auftragsbezogenen Fertigung vollzogen werden. Abb. 7 zeigt den Vergleich der winkelabhängigen Farbdaten für zwei Basislackvarianten zwischen Trocken (Spritzlackierung von Basislack/Klarlack im Kundenprozess, Trocknen und Messen) mit der Flüssiglackmessung. Während es Abweichungen in den absoluten Werten zwischen den beiden Verfahren gibt, zeigt sich doch eine gute Korrelation der relativen Werte der beiden Messverfahren.

**Farbstärkebestimmung von Pigmentpasten**

Im Sinne der „Lean Production“ sollten Tönschritte am Endprodukt natürlich vermieden werden – das Ziel heißt: Anzahl Tönschritte ist Null. Dazu muss die Qualität der Zwischenprodukte, insbesondere die Konstanz der Farbstärke der Pigmentpasten verbessert werden. Bestehende Verfahren basieren auf der Abmischung in Weißlacken, Aufrakeln und Farbmessung am getrockneten Lack. Wie oben dargestellt, sind die Reproduzierbarkeit, Fehleranfälligkeit und Zeitaufwand der Methode hoch. Mit der Messung an der flüssigen Pastenprobe können Zeitaufwand und Reproduzierbarkeit verbessert werden. Damit kann die Anzahl der Korrekturschritte am fertigen Lack deutlich reduziert werden.

**Messung und Kommunikation objektivieren**

Die Abstimmung über den gewünschten Farbton auf einem Fahrzeug wird gleichermaßen

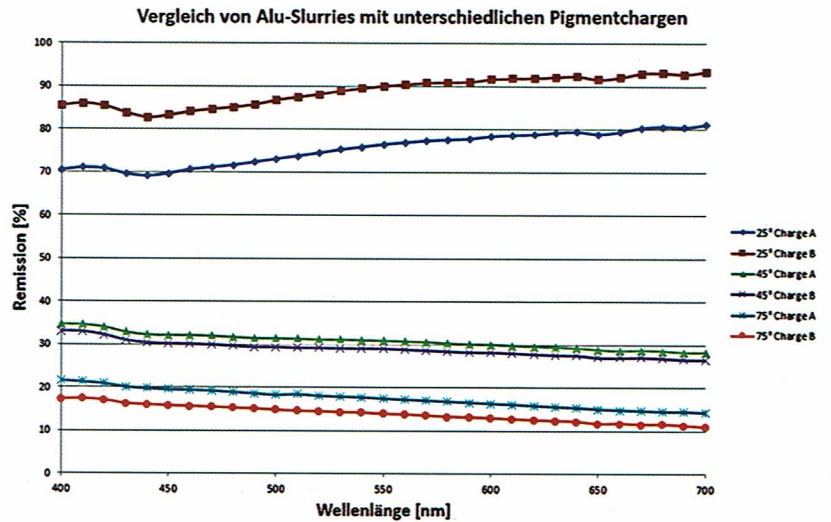


Abb. 4 // Vergleich zweier Aluminium Pigmentchargen (A, B) hinsichtlich winkelabhängiger Helligkeit.

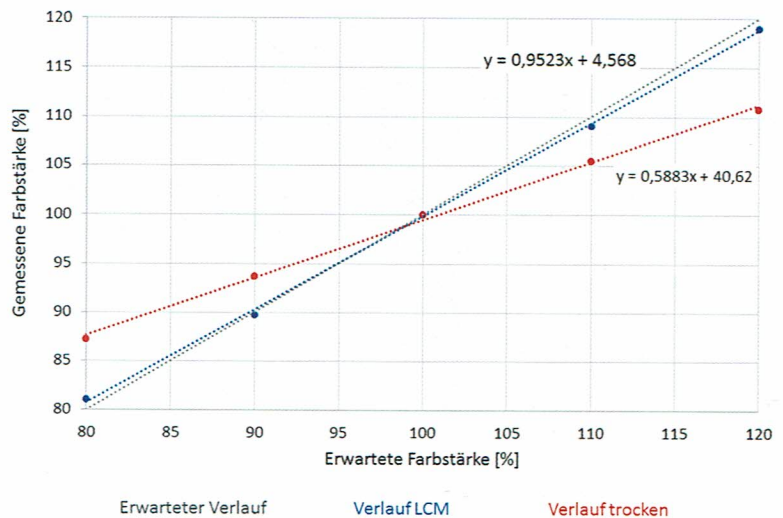


Abb. 5 // Messung der gewichteten Farbstärke mit LCM für eine Weiß-Reduktion eines Kupfer-Phthalocyaninischen Blau-Pigmentes im Vergleich zur Farbstärkebestimmung mittels Lackierung und Trockenmessung.

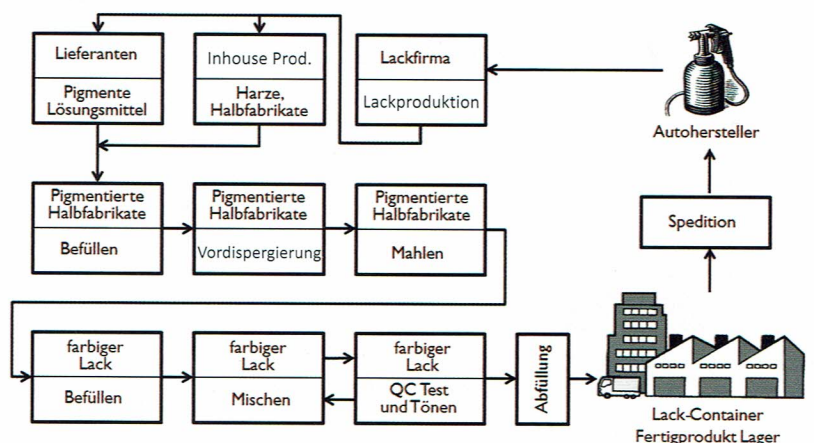


Abb. 6 // Schritte in der Lackproduktion und Lackversorgung.

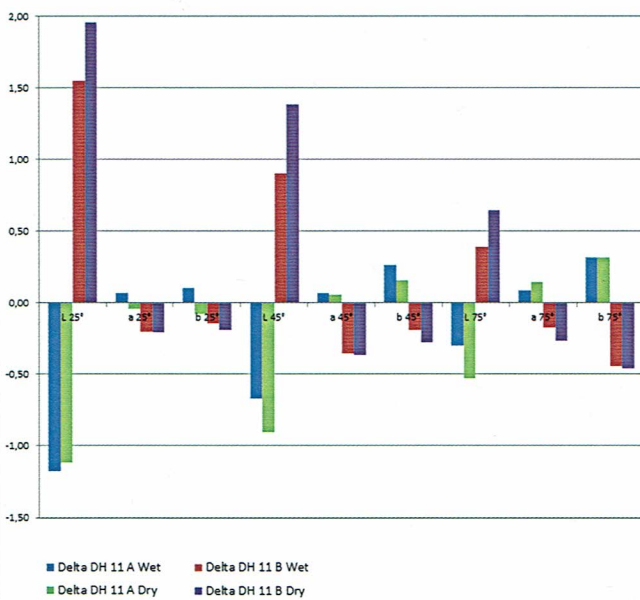


Abb. 7 // Vergleich von LCM Flüssigmessung und Automatenlackierung (trocken) für zwei Basislackvarianten.

Ben von der Pigmentierung im flüssigen Lack und der Applikation beeinflusst. In der Praxis wird heute nur der kombinierte Einfluss auf dem Fahrzeug gemessen. Entlang der gesamten Prozesskette vom Pigmenthersteller über die Pigmentpasten- und Lackproduktion bis zum Endanwender in der Lackiererei des Autoherstellers mangelt es an einer durchgängigen Methode, die Einflüsse „Lack“ und „Applikation“ separat und mit hoher Methodengenauigkeit zu ermitteln. Die hier vorgestellte Methode der Nasslackmessung bietet jetzt diese Möglichkeit. Damit kann sowohl die Entwicklung neuer Farbtöne, die Konstanz der Chargenfertigung von Pigmentpasten und farbigen Lacken, wie auch die Farbkonstanz beim Lackanwender verbessert werden. Mit der gleichzeitigen Verkürzung von Durchlaufzeiten werden auch die heutigen Anforderungen an eine flexible, auftragsbezogene Produktion erfüllt.

### Virtualisierung von Standards und elektronische Datenhaltung

Die im flüssigen definierten Standards stehen als Datensätze zur Verfügung und können somit auch elektronisch ausgetauscht werden. Somit müssen sie nicht mehr separat auf Konstanz geprüft werden – sie unterliegen keiner Alterung.

Übergreifend ist mit der vorgestellten Methodik auch eine durchgängige Handhabung von Messdaten unterschiedlicher Prozessstufen in einer Datenbank konsistent möglich. Dies ermöglicht zunächst, dass Varianzen in den Prozessstufen, wie z. B. der relativen Farbstärke, entweder dynamisch in den Erstansatz einer Charge eingerechnet oder die Prozessstufen standardisiert werden. Jegliche softwaregestützten Systeme profitieren hier von hoher Datenkonsistenz und hoher Zuverlässigkeit der Messdaten (s. o.).

Darüber hinaus können über statistische Auswertungen Abweichungen von kolorimetrischen Daten aller Prozessstufen in Korrelation gebracht werden. Eine Prozessoptimierung kann über präzise Messungen verifiziert und durch die höhere Datendichte (mehr Messungen pro Zeiteinheit) auch Schwankungen innerhalb eines Zyklus (z. B. Mahl- oder Dispergierprozess) erkannt werden. Es ergeben

sich daraus ganz neue Perspektiven für die Prozesssteuerung, die auf dynamischen und nicht auf statischen Daten, z. B. zeitbezogenen Anweisungen, beruhen.

Auch im Falle von Reklamationen können über Data-Mining Tools schneller Ursachen für Abweichungen gefunden und gegebenenfalls Ursachen in den Materialeigenschaften sicher ausgeschlossen werden.

Ebenso können in der Schnittstelle zwischen Lieferant (z. B. Pigment) und Lackhersteller aufgrund einer einheitlichen Messmethode Kontrollprüfungen verkürzt und die Abstimmung von Produktqualitäten auf elektronischem Wege erfolgen. Auch dies trägt zu einer Beschleunigung des Gesamtprozesses bei und schafft neue Möglichkeiten des elektronischen Datenaustauschs bis hin zu einer vorgehenden Einarbeitung von Materialeigenschaften in die Prozessplanung.

### Literatur

- [1] DIN 6175-1:2009-07; Farbtoleranzen für Automobillackierungen – Teil 1: Unilackierungen; Beuth Verlag GmbH
- [2] DIN 6175-2:2001-03; Farbtoleranzen für Automobillackierungen – Teil 2: Effektlackierungen; Beuth Verlag GmbH
- [3] DIN EN ISO 787-24:1995-10; Allgemeine Prüfverfahren für Pigmente und Füllstoffe – Teil 24; Beuth Verlag GmbH

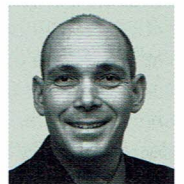
### DR. KARL-FRIEDRICH DÖSEL

hat in Kiel und Reading (GB) Chemie studiert. Nach verschiedenen Tätigkeiten im F&E Bereich der Hoechst AG kam er 1995 als globaler Forschungsleiter Autoerienlacke zur damaligen Herberts GmbH. Nach der Übernahme durch DuPont im Jahr 1999 war er F&E Leiter und später globaler Produktmanager für Autoerienlacke in der neuen Organisation.

2011 gründete er Doessel Consulting und arbeitet als unabhängiger Unternehmensberater. Er ist Autor und Mitherausgeber des Buches „Automotive Paints and Coatings“. Seit 2014 ist er Senior Partner bei der Orontec GmbH & Co. KG

### HENDRIK HUSTERT,

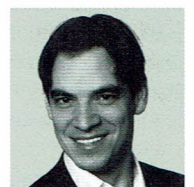
Jahrgang 1967, studierte „Chemie und Technologie der Beschichtungsstoffe“ an der Universität-GH-Paderborn. 1994 trat er im Bereich der Qualitätskontrolle Reparaturlacke in die Herberts GmbH ein. Später leitete er die Farbtonentwicklung Reparaturlacke bei der Dupont Performance Coatings GmbH, bevor er in die Prozessoptimierung wechselte und als Lean-Six Sigma-Masterblackbelt tätig war. Seit 2011 berät er Unternehmen der Lack- und Beschichtungsindustrie. Seit 2014 ist er Geschäftsführer der Orontec GmbH & Co. KG.



### RALPH JAN WÖRHEIDE,

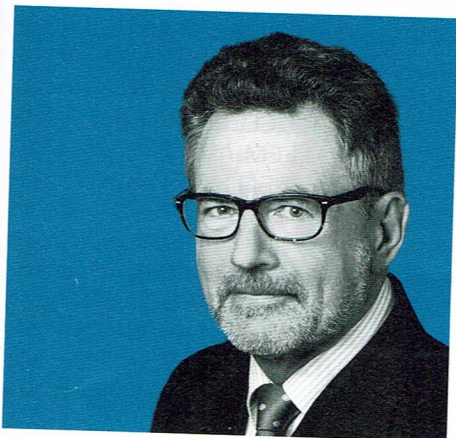
Jahrgang 1968, studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Produktionswirtschaft und -controlling sowie Technischer Chemie an der Technischen Universität Berlin. In den 1990er Jahren war er unter anderem für internationale Projekte in der Umwelttechnik verantwortlich.

Ab 1999 baute er für einen Chemiekonzern harmonisierte Qualitätstechnologien mit auf und entwickelte dazu ein globales Servicesystem. Seit 2009 entwickelt, baut und vermarktet er messtechnische Systeme. Seit 2014 ist er Geschäftsführer der Orontec GmbH & Co. KG.



# Mehr Daten

INTERVIEW // DIE HOHE GESCHWINDIGKEIT DER MESSUNGEN ERLAUBT EINE SCHNELLERE PRODUKTION UND DIE STATISTISCHE DATENAUSWERTUNG.



KARL-FRIEDRICH  
DÖSSEL  
Orontec

**Können Sie die Zeitersparnis gegenüber dem normalen Tön-schritten genauer quantifizieren? Wenn hier normalerweise ein Tag nötig ist, wieviel Zeit ist mit Ihrer Messtechnik noch nötig?**

Im herkömmlichen Prozess müssen Basislack und Klarlack lackiert, getrocknet und vermessen werden. Der reine Arbeitsaufwand inklusive Reinigung der Lackapplikation liegt bei circa einer Stunde. In der Ablauforganisation eines größeren Betriebes werden die Tätigkeiten: Probennahme aus dem Mischer, Lackieren und Trocknen, Farbmessung und Korrekturrechnung meist von verschiedenen Personen und Funktionsstellen durchgeführt, woraus sich Wartezeiten und eine Zykluszeit von circa einem Tag ergeben. Die Farbmessung am flüssigen Lack kann von einem Produktionsmitarbeiter in etwa drei Minuten (inkl. Reinigung) erledigt werden. Ein Arbeitsablauf über mehrere Personen und Abteilungen entfällt – damit entfallen auch die Wartezeiten.

**Sie beschreiben die Vorteile der digitalen Datenerfassung Ihrer Messmethode. Grundsätzlich ist es möglich auch jede andere Messtechnik zu digitalisieren. Inwieweit hat Ihr Verfahren hier besondere Vorteile?**

Durch die schnellere, prozessnahe Erfassung der Daten können mehr statistische Daten erfasst werden – die Datenbasis zu Rohstoffen, Prozessvarianten und Chargen-Ergebnissen wird deutlich größer. Im Fertigungsprozess sind Farbdaten schneller, d.h. früher verfügbar und können so zeitnah, steuernd in den Fertigungsprozess eingreifen. So kann z.B. eine höhere Farbstärke einer Pigmentpaste direkt in ein Rezept mit geringerer Einsatzmenge umgerechnet werden.

// Kontakt: Karl-Friedrich Dössel, office@orontec.com  
Das Interview führte Jan Gesthuizen

FARBE UND LACK // LIVE

## Webcast: Funktionelle Beschichtungen

ERLEBEN SIE DIE FACHARTIKEL DER AKTUELLEN FARBE UND LACK ONLINE!



10. Mai 2017 // 11.00 Uhr

### Der Webcast zum Heft

Jeden Monat neu // Wissen auf den Punkt gebracht. Profitieren Sie von **detaillierten Zusatzinformationen** zu dem aktuellen Leitartikel in Ihrer FARBE UND LACK. Das ist Ihre Gelegenheit, um **Antworten auf Ihre Fragen** zu erhalten.



### Nächste Termine:

10. Mai 2017 // 11.00 Uhr  
Funktionelle Beschichtungen

14. Jun 2017 // 11.00 Uhr  
Holzlacke



Ihr Kontakt // Moritz Schuermeyer  
Vincenz Network  
Plathnerstr. 4c // 30175 Hannover  
T +49 511 9910-274 // F +49 511 9910-278  
Moritz.schuermeyer@vincenz.net



VINCENZ