

Das gewisse Etwas

Dreiecksbeziehungen aus Bunt-, Aluminium- und Interferenzpigmenten

Werner Rudolf Cramer, Münster und Peter W. Gabel, Darmstadt

Moderne Autolacke enthalten meistens Effektpigmente, die ihnen das gewisse Etwas in puncto Farbe verleihen. Zu diesen Effektgebern zählen Aluminium- und Interferenzpigmente, deren Aufbau und Herstellung unterschiedlich sein können. Ähnlich wie bei einem Vogel- oder Fischschwarm, dessen Dynamik nicht unbedingt aus der Summe der Eigenschaften der Einzeltiere abgeleitet werden kann, erscheint der Gesamteindruck eines Autolackes recht komplex. Dennoch ist die Betrachtung der Verhaltensweisen einzelner Pigmente interessant genug, um Einflüsse auf den Gesamteindruck erkennen zu können.

Puristen empfehlen immer nur das Eine: Entweder man mischt ein Interferenzpigment mit absorbierenden Buntpigmenten oder man setzt hier ein Aluminiumpigment ein, um einen metallischen Glanz zu erzeugen. Erstere Mischungen ergeben tiefe Farben mit langen und weichen Farbwechseln beziehungsweise -änderungen, während die zweiten für flache und kurze Wechsel sorgen.

Beide Systeme haben ihre Vor- und Nachteile: Aufgrund ihrer Transparenz benötigen Pigmente vom Typ „Iridin“, „Xirallic“ und „Colorstream“ einen höhe-

ren Anteil an Buntpigmenten und Farbruß, um ein gewünschtes Deckvermögen zu erzielen. Bunte Interferenzpigmente mit innerem Reflektor wie „Paliocrom“, „Variocrom“ oder „ChromaFlair“ besitzen von sich aus ein Deckvermögen, sie sind aber größtenteils zu bunt für die heutige Autozeit. Aluminiumpigmente besitzen ein gutes Deckvermögen, „vergrauen“ aber die Mischungen, wodurch diese flach erscheinen. So lassen sich goldene Farben wesentlich besser mit Interferenzpigmenten wie „Iridin Stargold“ nachstellen als mit Aluminiumpigmenten.

Messgeometrien – alte und neue Konzepte

Diese kurz zusammengefassten Eigenschaften zeigen aber auch einen Weg auf, die Vorteile der einzelnen Pigmentarten zu bündeln: Es werden nicht entweder ein Interferenz- oder ein Aluminiumpigment eingesetzt, sondern beide gleichzeitig in einer Mischung mit absorbierenden Buntpigmenten. Um die Einflüsse der einzelnen Pigmente zu studieren, wurden Modellmischungen mit einem absorbierenden Blaupigment, einem transparenten Iridin-Perlblau und einem Aluminiumpigment erstellt.

Hintergrund für diese Mischungen waren auch Diskussionen in der ASTM-

Workgroup E12.12. Color and Appearance, welche und wie viele Messgeometrien für die modernen Autolacksysteme notwendig sind: Bislang werden diese farbmetrisch so behandelt, als ob es sich um reine Metallic-Lacke mit Aluminiumpigmenten handelt. Dabei beleuchtet das Messgerät in der Regel unter einem Winkel von 45° und misst dann beispielsweise bei 15° , 25° , 45° , 75° und 110° vom Glanzwinkel (X-Rite, MacBeth). Diese Messungen ergeben die Glanz- oder Effektlinie („aspecular line“), erfassen aber nur einen kleinen Teil des Farbbereiches, den moderne Interferenzpigmente einnehmen können (Abb. 1) [1-4]. Denn ein Hauptmerkmal der Interferenzpigmente ist die Abhängigkeit der Farbe vom Einfallswinkel des Lichtes. Aber nur durch Änderung des Beleuchtungswinkels lässt sich eine ausreichende Beschreibung dieser Pigmente vornehmen.

Messungen beispielsweise mit unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln und konstantem Differenzwinkel (z. B. 15°) zum jeweiligen Glanzwinkel führen im a^*b^* -System zur so genannten Interferenzlinie („interference line“). Sie ist charakteristisch für jedes Interferenzpigment (Abb. 2). Labormessungen mit Schrittweiten von 5° bei den Beleuchtungswinkeln zeigen einen genauen Verlauf dieser Interferenzlinie,

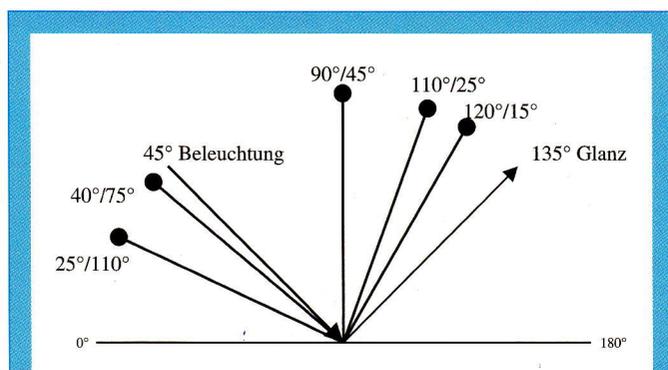


Abb. 1: Bei einer Beleuchtung von 45° und einem Glanzwinkel von 135° werden die Proben mit Differenzwinkeln von 15° , 25° , 45° , 75° und 110° gemessen

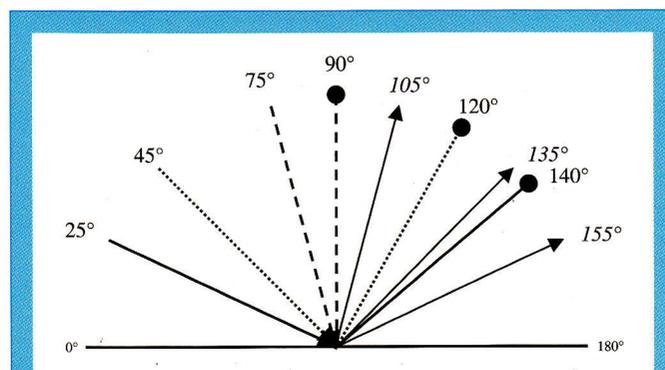


Abb. 2: Ändert man bei konstantem Differenzwinkel (z. B. 15°) die Beleuchtungswinkel, so lassen sich die Interferenzfarben erfassen („interference line“)

allerdings ist diese Datenmenge für den praktischen Gebrauch viel zu groß. Eine Reduzierung auf drei Beleuchtungswinkel – flache (25°), klassische (45°) und steile Einstrahlung (75°) – genügen unseres Erachtens zur Qualitätskontrolle.

Diese Messungen beziehen sich auf Messgeometrien, bei denen der Beobachtungswinkel – bezogen auf den Glanzwinkel – auf der Seite der Beleuchtung liegt (cis-Stellung). Interferenzpigmente zeigen aber auch Farbänderungen, wenn bei gleichem Differenzwinkel zum Glanzwinkel auf der gegenüberliegenden Seite beobachtet und gemessen wird (trans-Stellung) [5]. Bei einer Beleuchtung von 45° beispielsweise liegt der Glanzwinkel bei 135° (Bezug ist jeweils die Probenhorizontale und nicht die Normale). Zu diesem Glanzwinkel gehören zwei Differenzwinkel von jeweils +15° und -15°, d. h. die entsprechenden Beobachtungswinkel von 120° und 150°. Beide Messgeometrien ergeben unterschiedliche Reflexionen und $L^*a^*b^*$ -Werte (Abb. 3).

Pigmentspezifische Dreiecksgeschichten

Man kommt schnell darauf, dass das Verhalten der drei angesprochenen Pigmente Buntblau, Perlblau und Aluminium dem bei zwischenmenschlichen Beziehungen entsprechen könnte! Da ist zunächst die Verbindung von Buntblau mit Perlblau, welche zu einem schönem Farbeindruck führt. Leider besitzt diese Beziehung ein Problem: Das transparente Perlblau besitzt

ein geringes Deckvermögen. Daher scheint es angebracht, diesen Mangel durch Zugabe von Aluminiumpigment auszugleichen. „Naheliegenderweise werden Nebenbeziehungen gerade dann gesucht, wenn in der Partnerschaft Konflikte einstweilen nicht lösbar erscheinen oder wesentliche Bedürfnisse auf der Strecke bleiben.“ [6] Aber der Dritte im Bunde, das Aluminiumpigment, kann die Beziehung zwischen dem Buntblau und dem Perlblau empfindlich stören und die Grundlage aushebeln. Je stärker das Aluminiumpigment ins Spiel kommt, desto schwächer wird der Perleffekt: „Mithin kann keine Dreiecksbeziehung unterhalten werden, ohne dass es beständige Entwertungen gibt.“ [6]

Heftige Gefühlsschwankungen

Die Frage, die sich deshalb bei der Pigmentmischung stellt, ist also: Ab wann behindert ein Aluminiumpigment den Effekt des Perlblau so stark, dass dieser

nicht mehr zu erkennen ist? Auf der einen Seite soll das Aluminiumpigment entsprechendes Deckvermögen in die Mischung bringen, auf der anderen Seite soll der Perleffekt möglichst stark bleiben. Aus diesen Überlegungen entstanden die Versuche, deren Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden: „Heftige Gefühlsschwankungen sind typisch für Dreiecksbeziehungen.“ [6]

Dreiecksbeziehungen im Test

Stellt man sich die drei Ausgangspigmente Buntblau, Perlblau und Aluminium in den Ecken eines Dreieckes vor, so ergeben sich hieraus zunächst drei Mischreihen jeweils zwischen zwei Pigmenten. Die dritte entscheidende Mischreihe setzt sich aus Mischungen der drei Pigmente zusammen, wobei der Anteil des absorbierenden Buntblau in diesem Fall konstant bleibt.

Das Perlblau Pigment „Iridin 9225“ wurde separat in einem wasserverdünnbaren Lacksystem angesetzt, während beim Buntblau und Aluminium auf Mischlacke der wasserverdünnbaren Glasurit-Reparaturlackreihe 90 zurückgegriffen wurde. Einfachheitshalber wurden die Konzentrationen in den Ausgangslacken gleich 100 gesetzt, um die Einwaagen zu erleichtern.

Die Basislack-Mischungen wurden nach Angaben des Lackherstellers spritzfertig eingestellt und mit zwei Spritzgängen sowie einem Effektgang appliziert. Anschließend wurden die Basislacke mit Klarlack versiegelt.

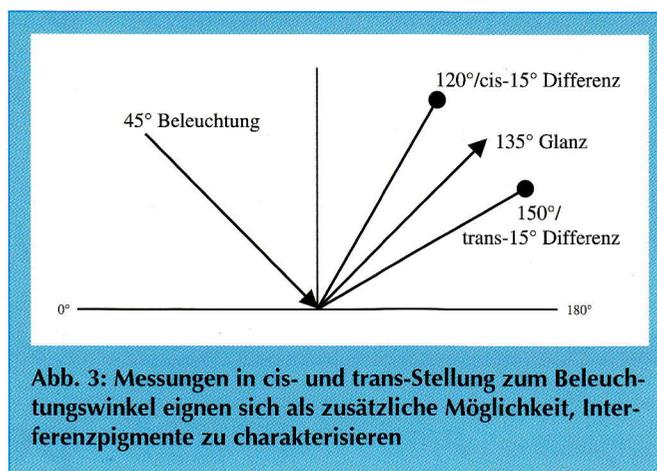


Abb. 3: Messungen in cis- und trans-Stellung zum Beleuchtungswinkel eignen sich als zusätzliche Möglichkeit, Interferenzpigmente zu charakterisieren

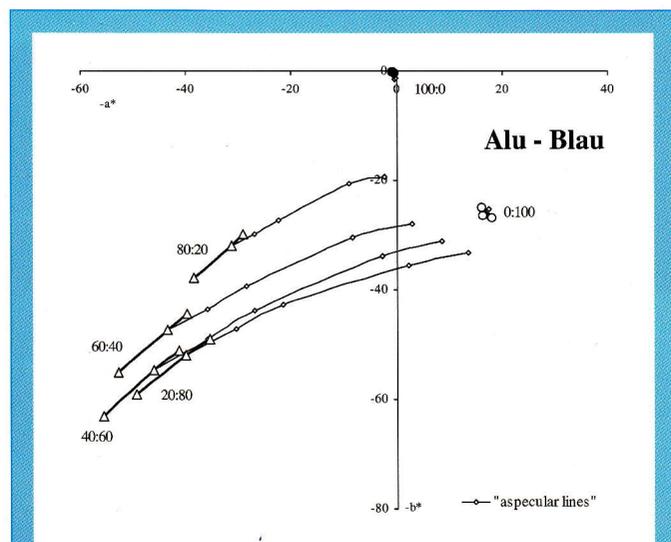


Abb. 4: Mischungen von Aluminium- mit Buntpigmenten zeigen Farbverschiebungen bei verändertem Beleuchtungswinkel. Diese beruhen nicht auf Interferenzen und sind in der Regel parallel zu den entsprechenden Glanzlinien

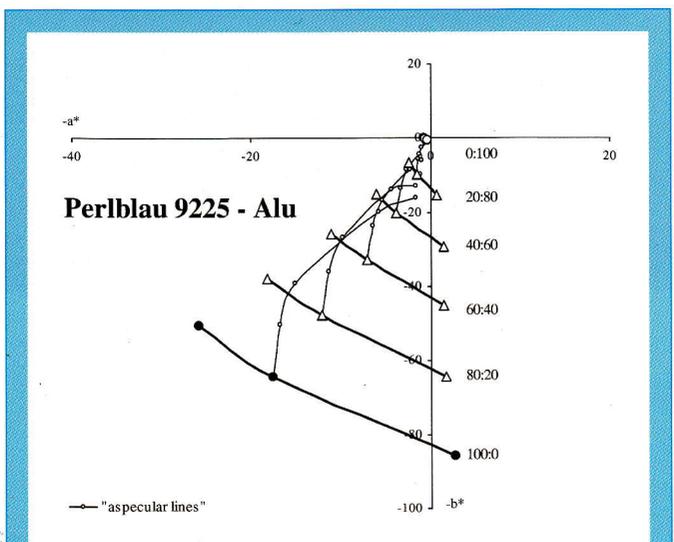


Abb. 5: Interferenzpigmente lassen sich aufgrund ihrer Interferenzen eindeutig identifizieren. Das gilt auch für Mischungen mit Aluminiumpigmenten

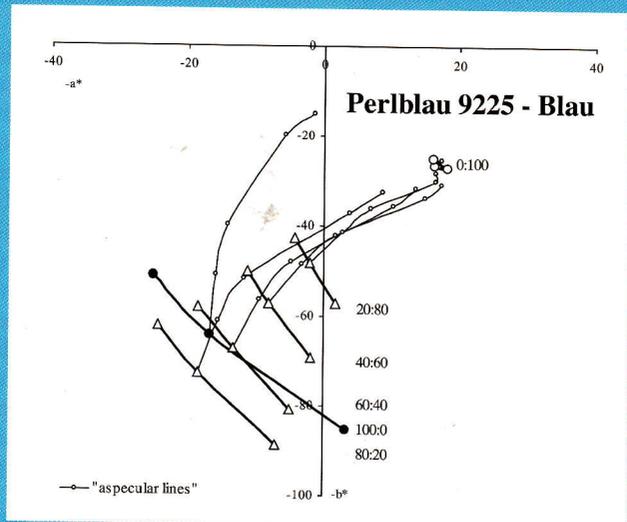


Abb. 6: Mischungen von Interferenzblau mit blauem Buntpigment behalten die Interferenzeigenschaften des Interferenzblaus, das nur weniger farbintensiv als in Mischungen mit wenig Buntpigment (Aufspritzung auf schwarzem Untergrund) ist

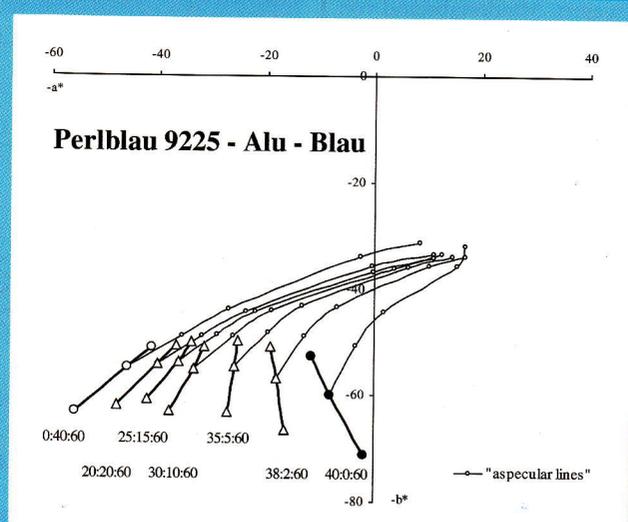


Abb. 7: Bei den Dreiermischungen verlaufen die „aspecular lines“ in eine Richtung und nahezu parallel. Sie lassen sich nicht zur Identifizierung des Interferenzpigmentes heranziehen. Die Interferenzlinien zeigen dagegen deutlich das Interferenzpigment in der Mischung

Um den Anforderungen – verschiedene Beleuchtungswinkel, klassischer Glanzwinkel, cis-/trans-Geometrien sowie reduzierte Anzahl von Messgeometrien – gerecht zu werden, wurde von Merck ein Messgerät initiiert, das neuerdings von Datacolor-ETA-Systems vertrieben wird. Dieses Farbmessgerät besitzt einen beweglichen Schlitten, der insgesamt zehn verschiedene Messgeometrien anfährt.

Das neue Messgerät verbindet mit seinen Messgeometrien die drei angesprochenen Aspekte und Anforderungen zur Messung von Effektpigmenten:

- Mindestens drei verschiedene Beleuchtungswinkel bei gleichen Differenzwinkeln: 25°/140°, 45°/120° und 75°/90° (Beleuchtungs-/Beobachtungswinkel bezogen auf die Probenhorizontale).
- Beleuchtung beim klassischen Winkel 45° und Beobachtung unter verschiedenen Differenzwinkeln vom Glanzwinkel 135°: 45°/120°/15°, 45°/110°/25°, 45°/90°/45°, 45°/60°/75°, und 45°/25°/110° (Beleuchtungs-/Beobachtungs-/Differenzwinkel).
- Messung in cis- und trans-Stellung bei verschiedenen Beleuchtungswinkeln:

25°/170° und 140°, 45°/150° und 120°, 75°/120° und 90°.

Aus diesen Zusammenstellungen ergeben sich aufgrund von Mehrfachkombinationen insgesamt zehn verschiedene Messgeometrien.

Dieses Anforderungsprofil entstand aus umfangreichen Interferenzmessungen mit dem „GK 311/M“ von Zeiss, welches mit unabhängig voneinander beweglichen Beleuchtungs- und Messköpfen ausgerüstet ist. Mit ihm lassen sich die Messgeometrien in 5°-Schritten anfahren. Der flachste Winkel ist dabei 25° bzw. 155°, die Köpfe benö-

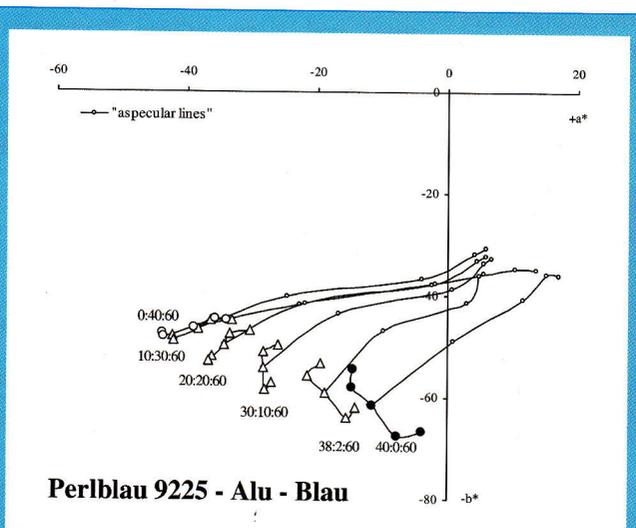


Abb. 8: Messungen ergeben für das Interferenzblau typische Ankerformen, wenn die cis- und trans-Werte verbunden werden. Je höher dessen Anteil in den Mischungen ist, desto ausgeprägter erscheint diese Ankerform

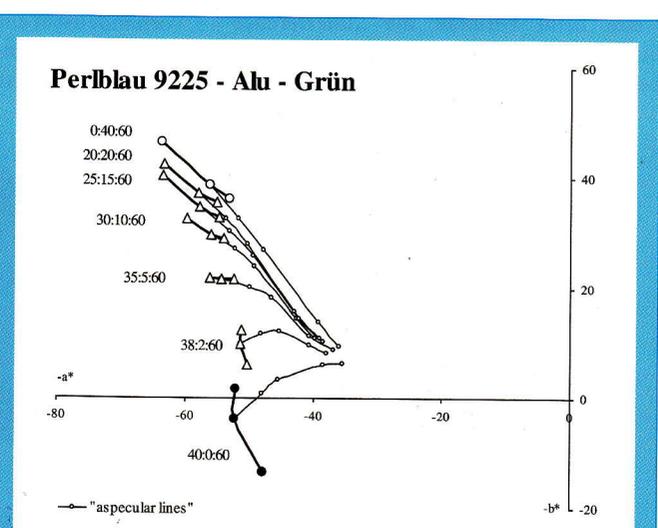


Abb. 9: Mischungen mit einem anderen Buntpigment unterstützen die Aussagen über die Interferenz. Je nach Buntpigment wird sie mehr oder weniger stark unterdrückt

tigen einen Mindestabstand von 20°. Das Gerät wurde Ende des vergangenen Jahrhunderts als Laborgerät entwickelt und gebaut, ist aber kommerziell nicht mehr erhältlich [7].

Aluminiumpigmente ändern Helligkeit

Aluminiumpigmente bzw. -lacke zeigen im Purton erwartungsgemäß keine besonderen Farbverschiebungen, wenn die Messgeometrien geändert werden (Abb. 4). Es sind insbesondere Helligkeitsänderungen, die die Aluminiumpigmente charakterisieren.

Werden diese Pigmente mit Buntpigmenten gemischt, so verhalten sich die Ausmischungen ähnlich den Weiß-/Buntausmischungen. Dabei treten Farbverschiebungen auf, die durch die „aspecular line“ wiedergegeben werden. Ändert man den Beleuchtungswinkel und lässt den Differenzwinkel konstant, so driften die Farben ebenfalls auseinander, was allerdings nicht auf Interferenzen zurückzuführen ist. Die sich aus diesen Farbwerten ergebende Linie liegt in der Regel parallel zur „aspecular line“ und stellt deren Verlängerung dar.

Deutliche Unterschiede bei buntem Interferenzpigment

Wählt man in vergleichbaren Ausmischungen ein buntes Interferenzpigment anstelle des Aluminiumpigmentes, so erkennt man deutliche Unterschiede (Abb. 5): Schon im Purton zeigen sich beispielsweise beim Perlblau die „interference line“ und die „aspecular line“, die auch bei größerem Anteil Buntpigment auf das

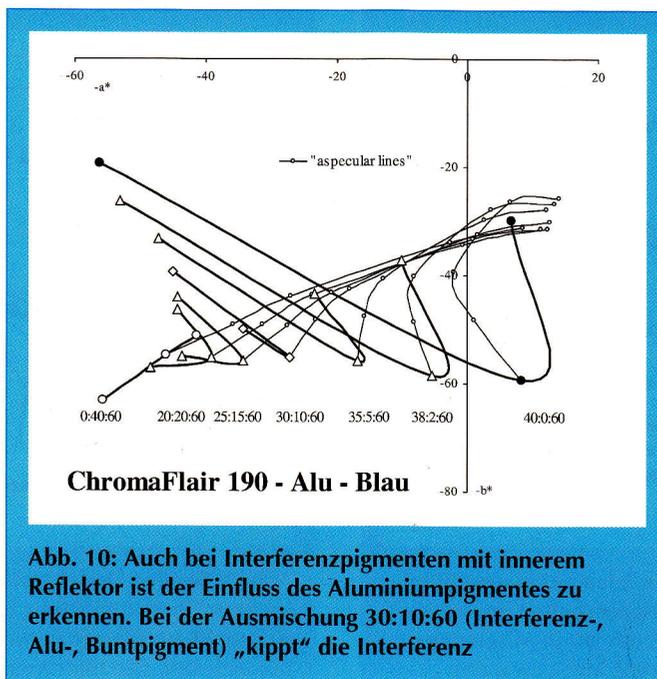


Abb. 10: Auch bei Interferenzpigmenten mit innerem Reflektor ist der Einfluss des Aluminiumpigmentes zu erkennen. Bei der Ausmischung 30:10:60 (Interferenz-, Alu-, Buntpigment) „kippt“ die Interferenz

Ergebnisse auf einen Blick

Ausmischungen mit Interferenz-, Aluminium- und Buntpigmenten zeigen typische Farbverschiebungen, die mit den angebotenen Farbmessgeräten nicht ausreichend erfasst werden. Messungen bei unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln und konstantem Differenzwinkel stellen eine notwendige Forderung dar, um Interferenzen zu erfassen. Erfolgen die Messungen außerdem in cis- und trans-Stellungen, so werden die Charakteristika der Interferenzpigmente noch deutlicher.

Vorhandensein eines Interferenzpigmentes hindeuten können (Abb. 6 und 7). Die beiden Messlinien stehen oft nahezu senk-

recht aufeinander, so dass eine Unterscheidung leicht ist.

Wählt man anstelle der cis-Geometrie (hier 15° vom Glanzwinkel in Richtung Beleuchtung) außerdem die trans-Geometrie (15° auf der gegenüberliegenden Seite), so wird die Interferenzlinie gestreckt. Sie kann auch eine Sattelform annehmen, wenn die cis- und trans-Linien verschoben sind. Aus diesem Grund bietet die Kombination von cis- und trans-Messungen beim neuen Messgerät Vorteile für die Identifizierung der Interferenzpigmente (Abb. 8).

Interferenzpigmente über veränderten Beleuchtungswinkel charakterisieren

Diese beiden Untersuchungsreihen bilden die Basis für Ausmischungen von Iridin Perlblau, Aluminium und Buntblau. Die Messergebnisse zeigen, dass die „aspecular lines“, also die Glanzlinie mit 45° Beleuchtung und verschiedenen Differenzwinkeln nicht geeignet ist, ein Interferenzpigment in dieser Mischung zu erkennen und zu charakterisieren. Betrachtet man dagegen die „interference lines“, also die Interferenzlinien bei unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln und konstantem Differenzwinkel, so deutet ihre Lageveränderung auf eine Zu- oder Abnahme von Interferenzpigment in der Mischung hin.

Die Versuche wurden auch mit anderen Interferenzpigmenten (z. B. „Iridin Perlrot 9215“, „ChromaFlair 190“, „Xirallic Crystal Silver“, „Iridin Perlsilber 9103“, usw.) und einem grünen Buntpigment wiederholt. Die Ergebnisse stimmen mit den obigen Aussagen überein: Interferenzpigmente lassen sich nur über Veränderung des Beleuchtungswinkels eindeutig charakterisieren (Abb. 9 und 10).

Literatur

- [1] Cramer, W. R., Gabel, P. W., Effektivvolles messen, Farbes&Lack 7 (2001) 1, S. 42
- [2] Cramer, W. R., Gabel, P. W., Measuring Special Effects, Paint & Coating Industry, 9 (2001), S. 36
- [3] Cramer, W. R., Gabel, P. W., Measuring Special Effects, European Coatings Journal (2001) 7-8, S. 34
- [4] Gabel, P. W., La Mesure Des Changements De Couleur Des Pigments A Effets Speciaux, AFTP-VA, Forum de la Connaissance, 2002, Paris
- [5] Cramer, W. R., Farbmessung an Glimmerpigmenten, Technisches Messen (1992) 5, S. 229
- [6] Hilgers, M., Leidenschaft, Lust und Liebe, Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen 2001
- [7] Cramer, W. R., Nieuwe lakken onder de loep, Verfkroniek 1993) 4, S. 28



Werner Rudolf Cramer, 1949 geboren, studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster. Er ist als freier Berater und Fachjournalist tätig. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich der Effektpigmente, ihrem Mischverhalten und ihrer Farbmessung.



Dr. Peter Gabel, Merck KGaA., Jahrgang 1953, studierte und promovierte an der TU Braunschweig in physikalischer Chemie. Er trat 1986 in die Firma Merck KGaA. ein und ist seit 1991 Leiter Qualitätskontrolle Pigmente.