



# Der richtige Blickwinkel

## Visuelle und instrumentelle Abmusterung von Interferenzpigmenten im Vergleich

Werner Rudolf Cramer, Münster

**Die Farbe eine Beschichtung mit Interferenzpigmenten hängt vom Lichteinfallswinkel, vom Betrachtungswinkel und von deren relativer Position ab. Für die objektive Farbbeurteilung ist es jedoch problematisch, dass visuelle und instrumentelle Abmusterungsverfahren, die in der industriellen Praxis üblich sind, unterschiedliche Winkelabhängigkeiten messen und deshalb oft unterschiedliche Farbeindrücke liefern. Darüber hinaus werden die eigentlichen Interferenzfarben durch diese Methoden oft gar nicht erfasst. Es ginge auch anders.**

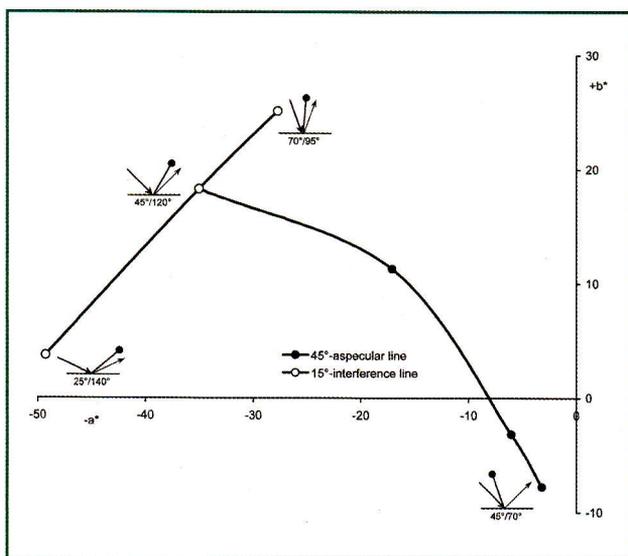
Wer sich mit Interferenzpigmenten auseinandersetzt – ob in der Pigment-, Lack- oder Autoindustrie –, tut gut daran, sich ihre physikalisch-optischen Eigenschaften bewusst zu machen: Die resultierende Farbe eines Interferenzpigmentes ist natürlich vom Winkel des einfallenden Lichtes abhängig, eine exakte Darstellung der Interferenz ergibt sich aber nur im Zusammenspiel mit dem Beobachtungswinkel. Leider wird dieses oft vergessen und aufgrund fehlender Kenntnisse und Erfahrungen mit solchen Effektpigmenten nicht beachtet. In folgenden sollen daher die verschiedenen Abhängigkeiten erläutert werden und die in der visuellen Beurteilungspraxis üblichen Verfahren genauer analysiert und mit den verfügbaren instrumentellen Farb-Messverfahren verglichen werden.

Die hier benutzten Winkelbezeichnungen richten sich nach der ASTM Arbeitsgruppe E12-06 und beziehen sich auf einen

Halbkreis über dem Musterblech von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ , bei dem die Normale einen Winkel von  $90^\circ$  einnimmt. Einfallswinkel und Beobachtungswinkel werden in diesem Bild beschrieben. Der Glanzwinkel ist dabei derjenige, bei dem die Spiegelreflexion des einfallenden Lichts auftritt. (Eine Beleuchtung von  $45^\circ$  ergibt zum Beispiel eine Spiegelreflexion bei  $135^\circ$ .) Ferner ist der Differenzwinkel die Differenz des Beobachtungswinkels zu diesem Glanzwinkel.

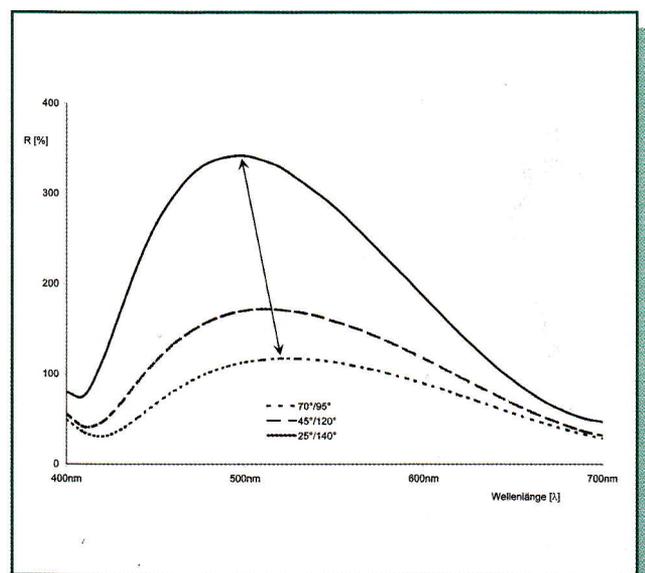
### Interferenzlinie – konstanter Differenzwinkel, variierter Einfall

Wird die Beleuchtung von einem flachen Einfallswinkel bei  $25^\circ$  über den klassischen  $45^\circ$  bis zum steilen Winkel von  $75^\circ$  geändert und bei konstantem Differenzwinkel von  $15^\circ$  zum jeweiligen Glanzwinkel gemessen, so ergibt sich die für dieses Pigment und für diesen Differenzwinkel charakteristische Interferenzlinie (interference line, siehe Abb. 1). Der konstante Diffe-

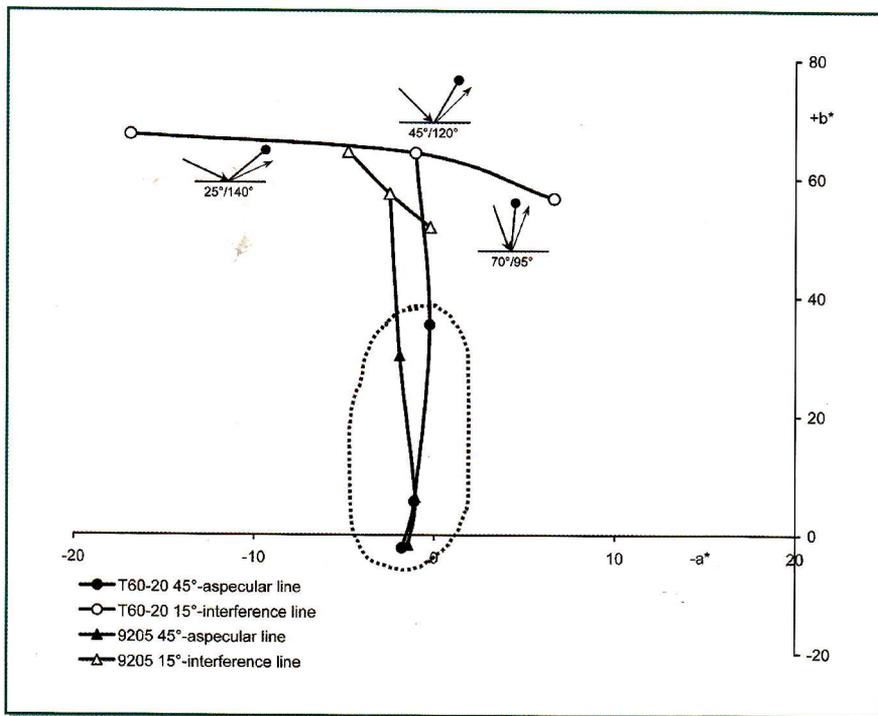


**Abb. 1: Verschiedene Beleuchtungswinkel bei gleichen Differenzwinkeln zum jeweiligen Glanzwinkel ergeben die charakteristische Interferenzlinie (interference line), hier am Beispiel des „Iridin Perlgrün 9235“ gezeigt. Ein konstanter Beleuchtungswinkel und verschiedene Beobachtungs- bzw. Differenzwinkel führen hingegen zur Glanzlinie (aspecular line). Sie stellt hauptsächlich Streuteile dar**

Anm.: Die Winkelpaare, die in allen Abbildungen unter den Grafiken zur jeweiligen Messgeometrie erscheinen, sind Einfallswinkel und Beobachtungswinkel.



**Abb. 2: Typischerweise verschiebt sich die resultierende Reflexionsfarbe bei Interferenzpigmenten zum Kürzerwelligen, wenn flacher beleuchtet wird. Hier am Beispiel des „Iridin Perlgrün 9235“ gezeigt, dass bei flacheren Einfallswinkeln bläulicher wird**



**Abb. 3:** Zwei bauähnliche Interferenzpigmente wie „Iridin Perlgold 9205“ und „Xirallic Sunbeam Gold T60-20“ zeigen in der Glanzlinie, die heute gebräuchlichen Messgeometrien entspricht (eingekreister Bereich), kaum Unterschiede. In der Interferenzlinie hingegen wird der Unterschied deutlich: Die Interferenzfarbe des „Xirallic“-Pigmentes verschiebt sich stark zum Grünlichen, wenn flacher beleuchtet wird

28

dert sich von 70° auf 60°, der Glanzwinkel auf 120° und der Beobachtungswinkel auf 100°. Insgesamt sind die Geometrieverhältnisse denen der Beobachtung am Fenster sehr ähnlich, und auch hier gilt, dass diese Geometrien nicht in einem Messgerät realisiert sind.

**Freie Bewegung bei senkrechter Beleuchtung**

Bei der „unkontrollierten“ Bewegung eines Musterbleches geht man von einer senkrechten Lage des Musterbleches zur Einfallsrichtung des Lichtes aus. Beobachtet wird dann – abhängig von der Größe und dem Abstand der Testperson (genauer:

der Position des Auges) – typischerweise unter einem Winkel von 135°. Wird das Musterblech nun um 5° zum Beobachter gekippt, ändert sich der Beleuchtungswinkel von 90° auf 85°, der Glanzwinkel von 90° auf 95° und der Beobachtungswinkel von 135° auf 140°. Daraus ergibt sich der neue cis-Differenzwinkel von 40°. Ein weiteres Kippen zum Beobachter vergrößert alle Winkel.

Wird umgekehrt gekippt – also vom Beobachter weg –, so verkleinern sich die Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel. Der Glanzwinkel vergrößert sich entsprechend. Der Differenzwinkel liegt zunächst in trans-Position und wechselt zwischen den Beleuchtungswinkeln von 70° und 65° in die cis-Position.

Wie bei den Geometrien bei der „kontrollierten“ Beobachtung in der Lichtkabine und den Geometrien am Fenster werden auch diese Geometrien bei den angebotenen Messinstrumenten nicht realisiert. Aus diesem Grund sind Vergleiche zwischen einer visuellen und instrumentellen Abmusterung nicht möglich. Diese Tatsache führt oft zu falschen Entscheidungen bei der Beurteilung von Farben und Farbabständen.

**Visuelle Abmusterung durch Nachstellen der Interferenzlinie**

Allerdings gibt es eine Methode für die visuelle Abmusterung von Interferenzpigmenten und mit ihnen pigmentierten Mischungen, die sich mit der Messung einer Interferenzlinie deckt.

Wie erwähnt, lassen sich die optischen Eigenschaften der Interferenzpigmente gut erfassen, wenn der Beleuchtungswinkel bei gleich bleibendem Differenzwinkel geändert wird. Es muss dabei sowohl bei steiler Beleuchtung (und steilem Glanz) als auch bei flacher Beleuchtung (und flachem Glanz) nahe am Glanzwinkel gemessen werden. Für die visuelle Abmusterung ist das möglich, indem man das Musterblech flach in die Hand nimmt und den ausgestreckten Arm so in Richtung einer Lichtquelle hält, dass sich ein flacher Beleuchtungswinkel ergibt. Dann ändert man diese Stellung, indem man – weiterhin mit ausgestrecktem Arm – das Blech parallel nach unten verschiebt (Abb. 5). Gleichzeitig bewegt man sich zur Lichtquelle, um diese steiler auf das Musterblech strahlen zu lassen. Wichtig ist hierbei die parallele Verschiebung der Probe, um den Differenzwinkel konstant zu halten. Die beobachteten Farben entsprechen dann denen der zuvor beschriebenen Interferenzlinie. Auch Interferenzpigmente wie das „Iridin Perlgold“ und das bauähnliche „Xirallic Sunbeam Gold“ lassen sich mit dieser visuellen Methode gut unterscheiden. Herkömmliche visuelle und instrumentelle Methoden zeigen dagegen kaum Unterschiede zwischen diesen Pigmenten.

**Interferenzfarben sind abhängig vom Sonnenstand**

Bei der Beurteilung einer Interferenzfarbe „in vivo“ auf einem Fahrzeug muss man unter anderem den aktuellen Sonnenstand, die Größe und den Abstand des Beobachters beachten. Mit dem Sonnenstand spielt auch der Breitengrad des Beobachtungsortes eine Rolle. Vernachlässigt man Farbverschiebungen und Intensitäten der Sonnenstrahlen durch Rayleigh- und Tyndall-Effekte, und geht von gleich bleibend weißem Sonnenlicht aus, so lassen sich zwei Beispielorte mit unterschiedlichen Parametern



• **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.



renzwinkel von 15° ist typisch, bei diesem Wert sind diese Messergebnisse meist stabil und stimmig. Kleinere Differenzwinkel können insbesondere bei Basislack/Klarlack-Systemen zu Abweichungen führen, größere Differenzwinkel erfassen Streuannteile der Interferenzpigmente und der mit ihnen pigmentierten Mischungen.

### Interferenzlinie sehr gut zur Pigmentunterscheidung und -kontrolle geeignet

Grundsätzlich zeigen Interferenzpigmente eine Verschiebung ihrer Reflexionsmaxima zum kurzwelligeren Spektralbereich, wenn flacher eingestrahlt wird: Ein klassisches Grün-Pigment verschiebt sein Maximum vom Gelblichgrünen zum Bläulichgrünen, ein entsprechendes Rot-Pigment vom Bläulichroten zum Gelblichroten (Abb. 2). Das gilt nicht nur für die Pigmente selbst, sondern auch für deren Mischungen mit Bunt- und Aluminiumpigmenten. Insofern bietet die Interferenzlinien-Methode – Änderung des Beleuchtungswinkels bei konstantem Differenzwinkel – eine ideale Möglichkeit der Identifizierung und Charakterisierung. Jedes Interferenzpigment zeigt in dieser Methode seine individuellen optischen Eigenschaften, die es auch in Mischungen behält.

### Glanzlinie – konstanter Einfall, variierter Differenzwinkel

Für eine gesamte Darstellung der optischen Eigenschaften werden neben den genannten Geometrien auch diejenigen eingesetzt, bei denen der Beleuchtungswinkel konstant und der Differenzwinkel verändert ist. Diese Messergebnisse führen zur Glanzlinie (aspecular line), die hauptsächlich Streuannteile erfasst und für diesen Beleuchtungswinkel charakteristisch ist. Instrumentell wird üblicherweise unter einem Winkel von 45° beleuchtet und bei Differenzwinkeln von 15°, 25°, 45°, 75° und 110° gemessen.

### Glanzlinie ist typische Anordnung bei instrumenteller Messung

Heutzutage ist es üblich, dass industrielle Farbmessgeräte diese Glanzlinien-Geometrien benutzen. Interferenzen werden hierbei aber aus den genannten Gründen nicht erfasst. Verschiedene Interferenzpigmente oder Mischungen können durchaus fast gleiche Glanzlinien (aspecular line) aufweisen (Abb. 3). Die Verabredung und Kontrolle von Lieferbedingungen auf dieser Grundlage sind deshalb für Interferenzpigmente und mit ihnen pigmentierte Lacke nicht möglich.

### Visuelle Abmusterung am Fenster

Bei einer visuellen Beurteilung steht der Prüfer im Normalfall mit dem Musterblech in Richtung Laborfenster. Er hält das Blech vor seinem Bauch oder seiner Brust zunächst so, dass sich das Licht im Blech spiegelt (Abb. 4). In dieser Position kippt er es entweder nach unten oder nach oben. Stellt man die Messgeometrien für diese Bewegungen fest, so ergibt sich folgender Beispielsablauf: In der Ausgangsposition wird das Musterblech unter einem Winkel von 75° beleuchtet und unter einem Winkel von 105° beobachtet, bei dem sich das Außenlicht in dem Blech spiegelt.

Wird nun das Blech um 5° nach unten gekippt, so ändert sich der Beleuchtungswinkel von 75° zu 80°, der Glanzwinkel von 105° zu 100° und der Beobachtungswinkel von 105° zu 110°. Die Beleuchtung (Außenlicht) und die Beobachtung (Auge) haben sich relativ zur Probe geändert. Aus diesen Geometrien ergibt sich nun ein Differenzwinkel von -10°, das entspricht einer sogenannten trans-Position: Die Beobachtung liegt auf der anderen Seite (trans) des Glanzwinkels bezogen auf die Beleuchtung.

Kippt man das Musterblech weiter in 5°-Schritten nach unten, so ändert sich der Beleuchtungswinkel von 80° über 85° zu 90°. Entsprechend ändert sich der Glanzwinkel von 100° über 95° zu 90°, der Beobach-

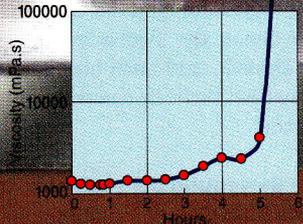
Spreads like butter, sets like steel

## New GASKAMINE 240

The Next Generation Epoxy Curing Agent



**Low Viscosity**  
Only 66 (mPa · s/25°C),  
100% reactive amine,  
No modification required,  
Offer solvent free system!

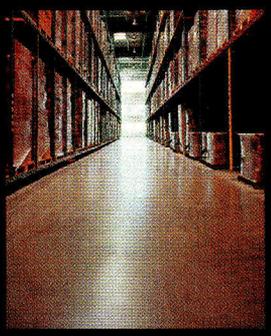


Viscosity (mPa.s)

Hours

*Mixed with epoxy resin, Gaskamine 240 offers steady viscosity for 5 hours then sets quickly.*

Longer pot life but quick set



**Excellent Appearance**  
Glossy film, No surface whitening under any conditions,  
Applicable to high humidity condition and wide-range temperature



**Excellent chemical resistance**  
Super resistance to sulfuric acid beyond your imagination!

For free technical reports and to order samples of this next generation amine, go to [www.Gaskamine240.com](http://www.Gaskamine240.com)

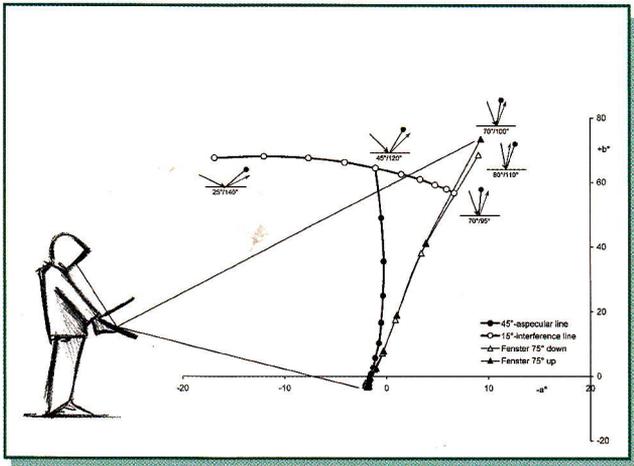


## MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY, INC.

MITSUBISHI Building 5-2, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8324, Japan

**Contact us** Europe : Shinichi Tagashira E-mail : tagashira@gmc-europe.de  
USA : Mike Sonoda E-mail : mike@gmc-a.com  
Asia : Tomoaki Ishikawa E-mail : tomoaki-ishikawa@gmc.co.jp

**Distributor in Europe** ITOCHU Deutschland GmbH : Cenk Oezkan E-mail : oezkanc@itochu.de  
ITOCHU France : Luis Fernandes E-mail : fernandesL@itochu.fr



**Abb. 4: Messgeometrie für die visuelle Abmusterung am Fenster (ganz ähnlich auch bei Kippbewegung in der Lichtkabine).** Ausgangspunkt ist hier eine Stellung des Musterbleches, bei der sich das einfallende Licht für den Beobachter unter einem Einfallswinkel von  $75^\circ$  im Lack spiegelt. Der Beobachter kippt das Blech zu sich nach oben (leere Dreiecke) oder von sich nach unten (volle Dreiecke). Im ersten Fall wechselt er die Stellung der Lichtquelle gegenüber seiner Beobachtungsposition (trans – cis). Diese Bewegungen zeigen Farben, die nicht die Interferenzverschiebung (interference line) wiedergeben. Auch besteht kein Zusammenhang mit den Ergebnissen der herkömmlichen instrumentellen Messung (aspecular line)

Beispiel: „Xirallic Sunbeam Gold T60-20“

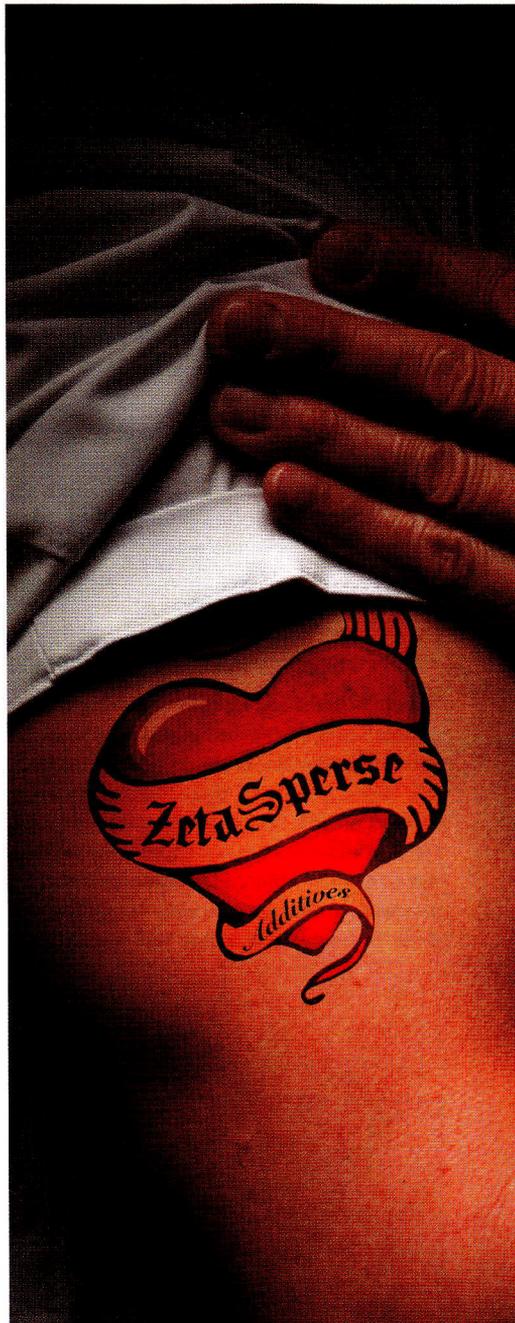
finden: Münster liegt auf dem 52. Breitengrad mit viel Regen und wenig Sonne, Fort Lauderdale, Tagungsort der ASTM, liegt auf dem 26. Breitengrad mit wenig Regen und viel Sonne.

Angenommen wird, dass der Beobachter aus gleicher Position in Richtung zum linken Vorderrad auf die Motorhaube schaut. Die Sonne scheint auf der gegenüberliegenden Seite so, dass sie in Richtung des Beobachters spiegelt. Mitte Juni steht die Sonne in Münster mittags mit  $61^\circ$  am höchsten ( $90^\circ$  minus Breitengrad plus Sonnendeklination). Nahe am Glanz erkennt der Beobachter die resultierende Interferenzfarbe (Abb. 6). In gleicher Position und früher am Vormittag nimmt der Beobachter in Fort Lauderdale zwar die gleiche Farbe wahr, diese ändert sich aber zum Mittag, da die Sonne weiter bis auf  $81^\circ$  steigt. Die Interferenzfarben, die von Sonnenständen höher als  $61^\circ$  verursacht werden, können in Münster nicht beobachtet werden (Abb. 6).

Dieses Beispiel ist kein Plädoyer für neue Methoden und Bedingungen der Farbabmusterung, zeigt aber drastisch den Einfluss des Beleuchtungswinkels auf die resultierende Interferenzfarbe. Die vorgeschlagenen Methoden der visuellen und instrumentellen Abmusterung mit unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln eignen sich aber auf jeden Fall, auch extreme in-vivo-Erlebnisse zu beurteilen.

## Interferenzpigmente verlangen neue Prüfmethode

Interferenzpigmente besitzen optische Eigenschaften, die mit neuen visuellen und instrumentellen Abmusterungsmethoden erfasst werden können. Herkömmliche Methoden bieten demgegenüber nur wenige Informationen, mit denen aussagekräftige Beschreibungen für Liefer- und Qualitätskontrolle möglich sind. Auch zur Identifikation und Charakterisierung sind die her-



**Dieses Additiv ist so vorteilhaft und wirtschaftlich, dass Sie es nicht mehr missen möchten.**

Wir freuen uns, Ihnen das Dispergiermittel ZetaSperse™ präsentieren zu können. Jetzt erhalten Sie alle wichtigen Eigenschaften zusammen in einem einzigen, umweltfreundlichen und APEO-freien Produkt. ZetaSperse™-Additive verbinden erhöhte Farbkraft mit verringerter Einsatzmenge an Dispergiermittel und daraus resultierend geringere Kosten. Durch die Reduzierung der Pastenviskosität wird außerdem ein höherer Pigmentgehalt erreicht. Wobei es keine Rolle spielt, ob Ihre Druckfarben oder Lacke organische, anorganische oder Rußpigmente enthalten. Um ein kostenloses Muster und einen wiederverwendbaren USB-Stick mit Produkt- und Anwendungsinformationen zu erhalten, besuchen Sie [www.airproducts.com/zeta9](http://www.airproducts.com/zeta9) oder rufen Sie +31 30 2 857 100 an. Wenn Sie eine universelle Lösung suchen, entscheiden Sie sich für ZetaSperse™

**AIR PRODUCTS**

**tell me more**  
[www.airproducts.com/zeta9](http://www.airproducts.com/zeta9)

kömmlichen Methoden kaum geeignet, so dass ein Mehraufwand und falsche Ergebnisse vorprogrammiert sind. Die Beschäftigung mit den optischen Eigenschaften der Interferenzpigmente und darauf aufbauende veränderte Abmusterungsmethoden könnten jedoch für alle Bereiche nur Vorteile bringen. ▽

► Literatur

- [1] Cramer, W.R., Farbmessung an Glimmerpigmenten, Technisches Messen, 5/1992, S. 229
- [2] Cramer, W.R., Nieuwe lakken onder de loep, Verfkroniek 4/1993, S. 28
- [3] Cramer, W.R., How do pearl lustre pigments show different colours?, European Coatings Journal 6/1999, S. 72
- [4] Cramer, W.R., Magical Mixtures, Paint & Coatings Industry 9/1999, S.72
- [5] Cramer, W.R., Examples of interference and the Color Pigment Mixtures green with red and red with green, Color Research 8/2002, S. 276
- [6] Cramer, W.R., Gabel, P., Effektvoll messen, FARBE & LACK 1/2001, S. 42
- [7] Cramer, W.R., Gabel, P., Measuring special effects, Paint & Coatings Industry 9/2001, S. 36
- [8] Cramer, W.R., Effekte sichten und beziffern, FARBE & LACK, 3/2002, S. 48
- [9] Cramer, W.R., Ohne Glimmer, aber mit Glitzer, FARBE & LACK 4/2003, S.132

► Ergebnisse auf einen Blick

- Um Farb flop-Beschichtungen, die auf Interferenz-Effektpigmenten beruhen, zu beurteilen und abzumustern, muss die Winkelabhängigkeit des Farbeindrucks untersucht werden.
- Der Farbeindruck hängt dabei von Beleuchtungswinkel und vom Beobachtungswinkel, bzw. der Differenz zwischen diesen beiden, ab. Je nachdem, welche dieser Winkel bei der Abmusterung konstant gehalten bzw. variiert werden, ergeben sich unterschiedliche Farbeindrücke.
- In der industriellen Praxis werden gegenwärtig meist visuelle und auch instrumentelle Abmusterungsmethoden benutzt, die einerseits nicht miteinander vergleichbar sind und andererseits die eigentlichen Interferenzfarben der Beschichtungen nur schlecht oder gar nicht erfassen.
- Die beste Möglichkeit zur Beurteilung der Interferenzfarben und zur Unterscheidung verschiedener Pigmente bietet die Messung der sog. Interferenzlinie bei Beobachtung nahe dem Glanzwinkel.
- Solch eine Messung/Abmusterung kann visuell nachgestellt werden, aber es fehlt noch an praktikablen Farbmessinstrumenten, die das ebenfalls können.

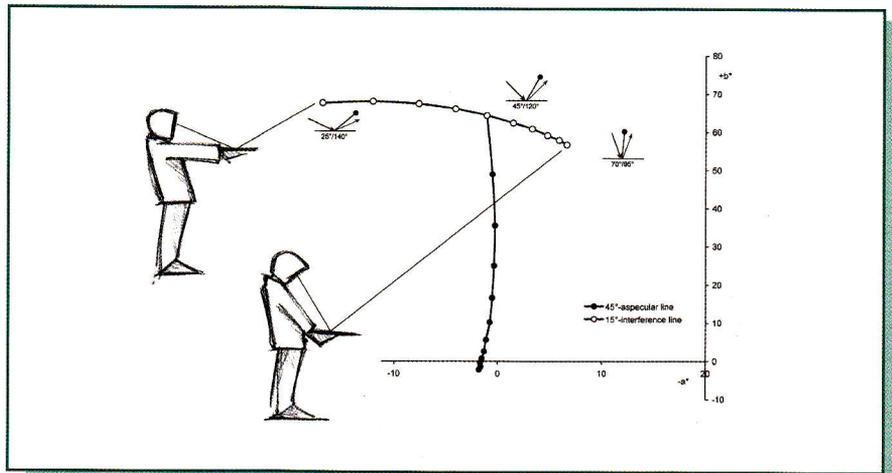


Abb. 5: Die ideale Abmusterung von Interferenzpigmenten erfolgt bei unterschiedlichen Beleuchtungswinkeln mit jeweils gleichem Differenzwinkel. Für die visuelle Beurteilung wird das Musterblech parallel von oben nach unten verschoben und umgekehrt. Die Beobachtung erfolgt dann in der Nähe vom Glanz bei konstantem Differenzwinkel, die erhaltene Messkurve entspricht einer Interferenzlinie  
Beispiel: „Xirallic Sunbeam Gold T60-20“

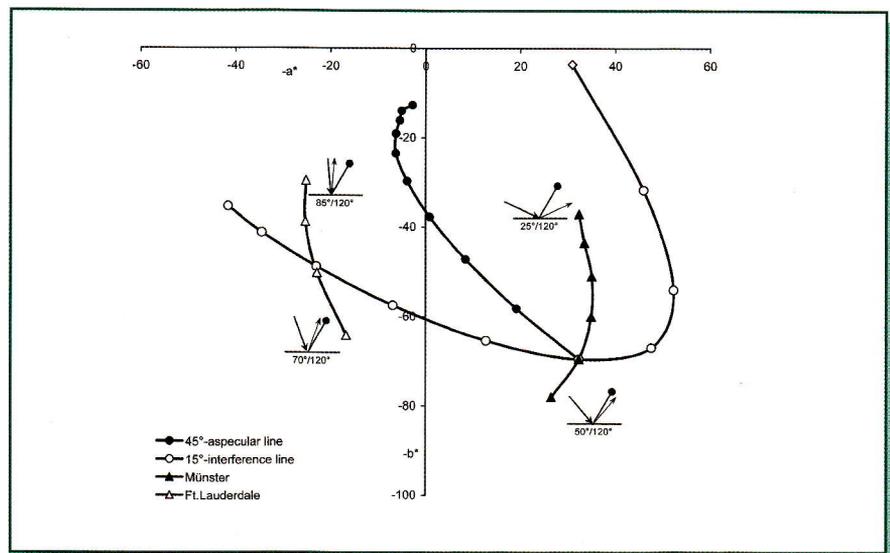


Abb. 6: Beurteilung eines Interferenzpigments auf dem Objekt, hier: die seitliche Beobachtung der Farbe einer Motorhaube. Der Beobachtungswinkel liegt konstant bei 120°, variabel ist der Einfallswinkel, nämlich die Höhe der gegenüberliegende Sonne. In Münster (52. Breitengrad) tritt Mitte Juni zur Mittagszeit der Sonnenhöchststand von 60° ein. In Fort Lauderdale (26. Breitengrad) steigt die Sonne am gleichen Tag höher auf über 85°. Der Einfluss des Sonnenstandes wird bei dieser Mischung des „ChromaFlair-Pigmentes 190“ mit einem absorbierenden Blaupigment deutlich: Während in Münster (volle Dreiecke) maximal Farben aus dem violetten Bereich geboten werden, kann man in Fort Lauderdale (leere Dreiecke) auch grüne Farben erkennen



Noch mehr auf einen Click

29 Treffer zur Stichwortkombination „effect pigments“ und „testing and measuring“ in den Redaktionsarchiven von FARBE UND LACK und European Coatings Journal:

<http://www.coatings.de/contentsrv.cfm>