

Der Farbe auf der Spur



Quelle: kovalenkopetr – stock.adobe.com

NEUE PRÜFMETHODE – INTERFERENZPIGMENTE // ZUR IDENTIFIKATION VON INTERFERENZPIGMENTEN IST DIE MIKROSKOPIE BISLANG DIE DOMINIERENDE PRÜFMETHODE. DER FOLGENDE ARTIKEL STELLT EINE NEUE METHODE ZUR CHARAKTERISIERUNG DIESER PIGMENTE VOR. DIESE METHODE KANN ZUM BEISPIEL EIN GUTES HILFSMITTEL IM REFINISH-BEREICH SEIN.

Werner Rudolf Cramer, freier Berater

Pigmente manipulieren das einfallende Licht und reflektieren es teilweise. Diese reflektierten Anteile lösen im menschlichen Auge einen Farbreiz aus, der im Gehirn zu einer Farbe umgewandelt wird. Wie diese Manipulation wirklich geschieht, können wir nicht erkennen. Wenn beispielsweise ein rotes und gelbes Pigment zu Orange gemischt werden, so kann dieses Orange genauso empfunden werden wie ein orangefarbenes Pigment. Allerdings besitzt die Reflexionskurve der Mischung einen typischen Sattel, der beim orangefarbenen Pigment fehlt. Pigmente reflektieren grundsätzlich im gesamten Spektralbereich, wie beispielsweise ein grünes Pigment nicht nur im grünen, sondern auch im roten, gelben und blauen Bereich reflektiert.

Reflexionskurven von Interferenzpigmenten zeigen in der Regel breite Anstiege zu den Maxima, von denen sie auch zwei oder drei besitzen können. Wie bei absorbierenden Pigmenten kann von der empfundenen Farbe nicht auf die Reflexionen geschlossen werden. Außerdem reagieren Interferenzpigmente bei Winkeländerung des einfallenden Lichtes mit einer Farbverschiebung: Wird bei gleichem Differenzwinkel zum Glanz das Pigment flacher beleuchtet, so verschiebt sich dessen Farbe zu kürzeren Wellenlänge. Diese Verschiebung ist ein wesentliches Merkmal der bunten Interferenzpigmente. Weiße Inter-

Tab. 1 // Unterschiede zwischen den Pigmenten aufgrund der Lage der Interferenz- und Aspecularlinien im a^*b^* -Diagramm.

	Perlgrün	StellarGreen T60-24	Perlblau	Galaxy Blue T60-23	Perlrot	Solaris Red T60-21
s1	166	175	381	367	774	770
s2	843	809	889	886	799	769
s3	2033	929	2664	1485	2709	1420
s4	940	818	895	1314	724	857
s5	9	984	270	253	573	539
s6	843	809	889	886	799	769

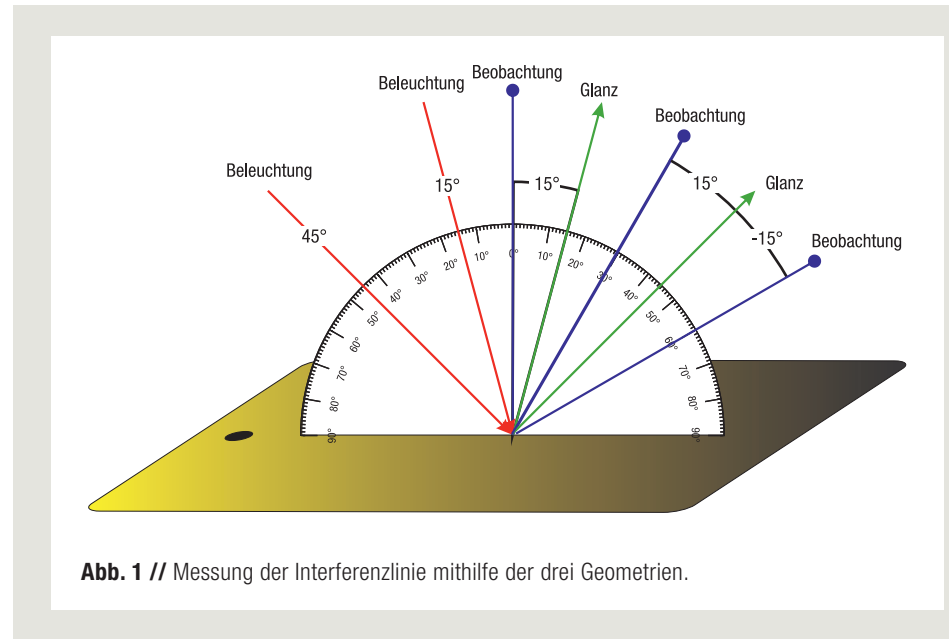


Abb. 1 // Messung der Interferenzlinie mithilfe der drei Geometrien.

ferenzpigmente besitzen wie Aluminiumpigmente keine Farbverschiebung.

Reflexionsfarbe

Die Reflexionsfarbe ist die typische Farbe eines Interferenzpigmentes, die durch Mehrfachreflexionen und Brechungen im Interferenzpigment entsteht. Die resultierende Reflexionsfarbe ist unter anderem abhängig vom starkbrechenden Metalloxid, das das Trägerplättchen ummantelt, und dessen Schichtdicke. Beide Faktoren werden vom Produzenten festgelegt und der Anwender hat darauf keinen Einfluss. Er kann aber über die optischen Eigenschaften der Interferenz – die Farbverschiebung beim Wechsel von steiler zur flachen Beleuchtung – Informationen über das Pigment erhalten.

Interferenz- und Aspecularlinie

Typischerweise können Interferenzpigmente, aber auch Aluminiumpigmente oder Mischungen beider Pigmente über die Kombination der Interferenz- und Aspecularlinie beschrieben werden. Die Interferenzlinie ist die Verbindungsline der a^*b^* -Werte bei steiler, klassischer und flacher Beleuchtung. Üblicherweise werden die Messungen bei den Beleuchtungen von 15° und 45° bei einem Differenzwinkel zum Glanz von jeweils

Ergebnisse auf einen Blick

- Die Methode identifiziert Interferenzpigmente schneller und genauer.
- Es stellt ein einfaches Hilfsmittel, insbesondere für den Refinish-Bereich, dar.
- Die Farbmessungen von Interferenzpigmenten beschränkt sich nicht nur auf die Farben oder die Farbwechsel, sondern sie liefern auch zusätzliche Informationen, um die Pigmente eindeutig zu beschreiben und zu identifizieren.
- Es ergeben sich Hilfestellungen, um Farben, z. B. bei Autolacken, im Refinish- und OEM-Bereich nachzustellen.

Von der Reflexions- zur Transmissionsfarbe

Beobachtet man ein buntes Interferenzpigment nahe am Glanz und entfernt sich dann von diesem, so kann man den Wechsel von der Reflexionsfarbe zur Transmissionsfarbe beobachten, wenn das Pigment auf einem weißen Untergrund aufgetragen wird. Dieser Wechsel tritt zwischen 20° und 30° vom Glanz auf. Die Transmissionsfarbe ist deutlich schwächer als die Reflexionsfarbe. Und sie ist komplementär zu dieser: Die einfallenden Lichtstrahlen werden zunächst an der Oberfläche des Pigmentes teilweise unter Phasensprung reflektiert. Der andere Teil durchwandert die Metalloxid-Schicht (z. B. Titandioxid). An der Grenzschicht zum Trägerplättchen wird wiederum ein Teil reflektiert, der das Pigment parallel zum ersten Teil verlässt und mit diesem interferiert. Dabei werden bestimmte Lichtwellen verstärkt oder abgeschwächt. Der restliche Teil der Lichtstrahlen verlässt das Pigment auf der Unterseite. Aufgrund des fehlenden Phasensprungs vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium ergibt sich die komplementäre Farbe.

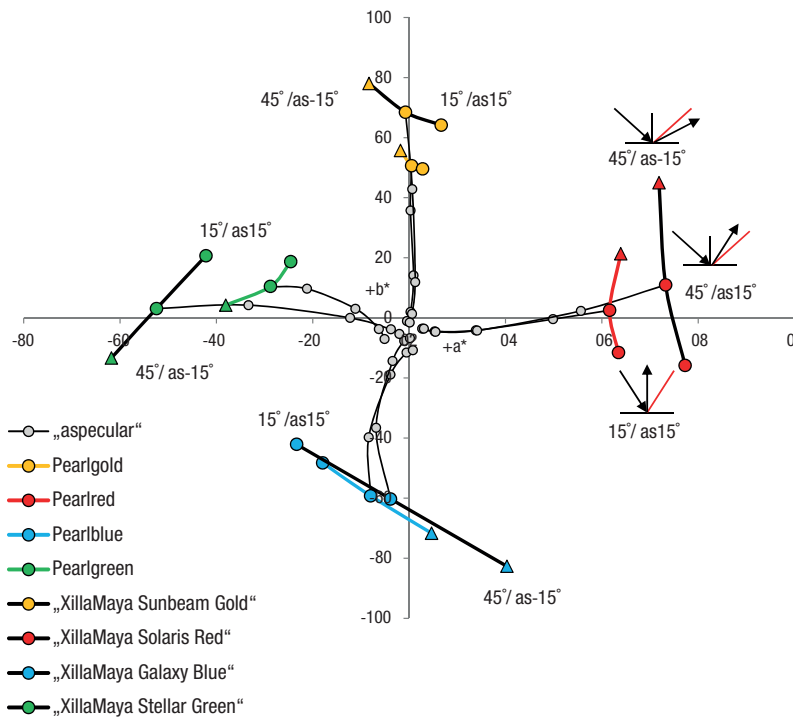


Abb. 2 // Individuelle Interferenzlinien bei Interferenzpigmenten; im Vergleich wird auch die „Interferenzstärke“ deutlich (je länger die Interferenzlinie ist, desto größer ist der Interferenzflop).

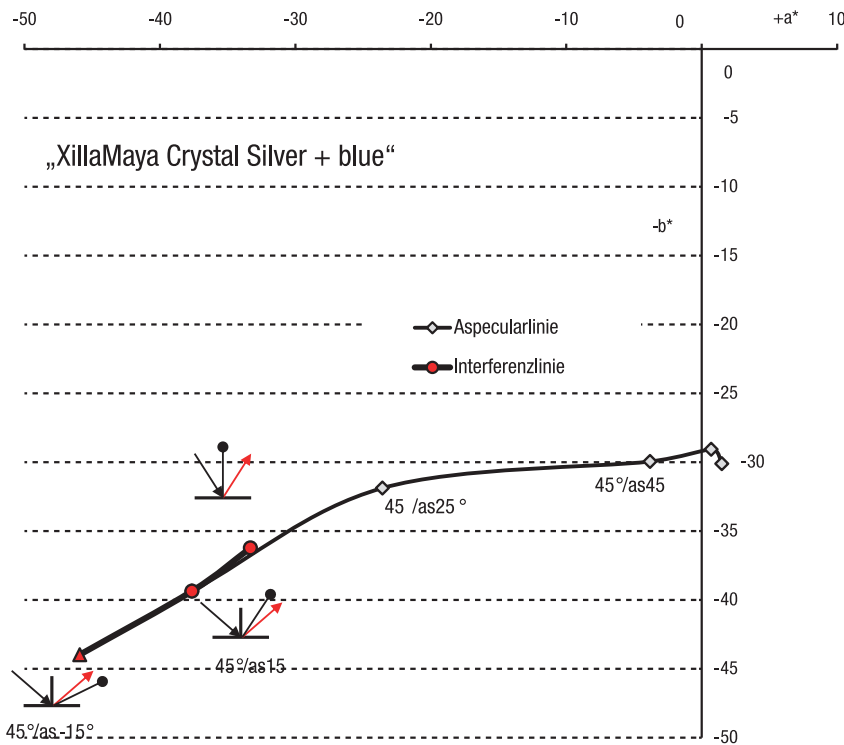


Abb. 3 // Keine Farbverschiebung bei weißen Interferenz- und Aluminiumpigmenten (daher die Interferenzlinie als Verlängerung der Aspecularlinie).

15° benutzt. Anstelle der flachen Beleuchtung mit dem gleichen Differenzwinkel kann aufgrund der Lichtumkehr auch die Geometrie 45°/as-15° genutzt werden. Wird bei dieser Geometrie der Lichtweg umgekehrt, so entspricht diese Geometrie einer Geometrie von 60°/as15°, also einer flachen Beleuchtung mit gleichem Differenzwinkel von 15° (Abb. 1).

Die Aspecularlinie ergibt sich aus Messungen bei fixiertem Beleuchtungswinkel von 45°. Hier bieten die Hersteller der Messinstrumente Differenzwinkel von 15, 25, 45, 75 und 110° an. Die ersten drei Differenzwinkel sind für die Charakterisierung von Interferenzpigmenten wichtig. Kombiniert man beide Linien, so erhält man bei bunten Interferenzpigmenten eine typische Ankerform. Hierbei knickt die Interferenzlinie mit der flachen Beleuchtung immer gegen den Uhrzeigersinn (Abb. 2). Dieses typische Merkmal findet sich nicht bei weißen Interferenzpigmenten sowie bei Aluminiumpigmenten. Bei ihnen verläuft die Interferenzlinie nahezu als Verlängerung der Aspecularlinie, da sowohl weiße Interferenzpigmente als auch Aluminiumpigmente stärker reflektieren, aber keine Farbverschiebung zeigen, wenn sie flacher beleuchtet werden (Abb. 3).

Vergleicht man unterschiedliche Interferenzpigmente und deren Mischungen mit Buntpigmenten, so fällt auf, dass die Interferenzlinie nahezu gleich bleibt. Wird ein blaues Interferenzpigment mit einem roten Buntpigment gemischt, so erkennt man die blaue Interferenzfarbe nahe am Glanz. Wenn sie nicht zu beobachten wäre, würde es keinen Sinn machen, das blaue Interferenzpigment mit einem roten Buntpigment zu mischen. Weiter entfernt vom Glanz überwiegt der Farbeinfluss des Buntpigmentes. Auch beim Wechsel des Mediums, dessen Brechungsindex durchaus Einfluss auf die resultierende Farbe hat, bleiben die grundsätzlichen Eigenschaften eines Interferenzpigmentes erhalten. So wird ein blaues Interferenzpigment nicht grün, wenn es in Kunststoff statt Lack eingearbeitet wird (Abb. 4).

Interferenzpigmente sind Individualisten mit eigenen optischen Eigenschaften, sodass auch baugleiche Pigmente sich durchaus unterscheiden lassen. Hilfreich ist die Kenntnis dieser Eigenschaften insbesondere bei Nachstellungen von unbekannten Farben. Hierbei spielt die Interferenzlinie eine große Rolle: Sie spiegelt die optischen Eigenschaften jedes Interferenzpigmentes wider. Dabei geht es vor allen Dingen um die Form dieser Interferenzlinie, ihre absolute Position im a*b*-Diagramm spielt eine sekundäre Rolle. Gegenüber der Interferenzlinie des Volltones kann sie durch Bunt- und Aluminiumpigmente in ihrer Position verschoben sein. Entsprechend positioniert ist auch die Aspecular-Linie mit

ihrem Anfangswert bei $45^\circ/\text{as}15^\circ$ (Abb. 5). Um das eingesetzte Interferenzpigment zu charakterisieren und zu identifizieren, erfolgt die Bewertung unabhängig vom Farbstandort. Die relative Darstellung der Messwerte bietet den Vorteil, die optischen Eigenschaften eines Interferenzpigmentes beispielsweise auch in Mischungen genauer erkennen zu können. Mit dieser Methode werden keine absorbierenden Buntpigmente erfasst. Allerdings zeigt sie auch Unterschiede zwischen weißen und bunten Interferenzpigmenten sowie Unterschiede zwischen Interferenz- und Aluminiumpigmenten: Weiße Interferenz- und Aluminiumpigmente reflektieren auf höherem Niveau, wenn sie flacher beleuchtet werden. Es findet aber keine zusätzliche Farbverschiebung wie bei bunten Interferenzpigmenten statt. Diese Farbverschiebung in Kombination mit den höheren Reflexionen bei flacherer Beleuchtung sind ein typisches Merkmal bunter Interferenzpigmente, welches zum Identifizieren und Charakterisieren genutzt werden kann.

Interferenzpigmente genauer beschreiben: die Methode

Hier wird eine Methode beschrieben, Interferenzpigmente genauer zu beschreiben. Grundlage sind viele Muster unterschiedlicher Art und Zusammensetzung, die mit den genannten Geometrien gemessen wurden. Aus den Messwerten wurden jeweils die Interferenzlinie (Messgeometrien $15^\circ/\text{as}15^\circ - 45^\circ/\text{as}15^\circ - 45^\circ/\text{as}-15^\circ$) und die Aspecularlinie (Messgeometrien $45^\circ/\text{as}15^\circ - 45^\circ/\text{as}25^\circ - 45^\circ/\text{as}45^\circ$) ermittelt. Die zusätzlichen Geometrien wurden nicht verwendet, weil sie keinen direkten Einfluss auf die Interferenz haben (Abb. 6).

Die Kombination von Interferenz- und Aspecularlinie steht für jedes individuelle Interferenzpigment. Um es zu beschreiben, werden sechs Parameter festgelegt, die die Lage und den Verlauf der Linien beschreiben: Zunächst wird in den a^*b^* -Wert für die Geometrie $45^\circ/\text{as}15^\circ$ ein Koordinatensystem mit x- und y-Achse gelegt. Diese Geometrie ist in beiden Linien enthalten und ist somit ein gemeinsamer Ausgangspunkt. Mit dieser Transformation erhalten die verschiedenen Teile und Winkel der beiden Linien nun eine eindeutige Zuordnung, die sich in den sechs Parametern widerspiegeln. Für die Parameter werden Bereiche aus vorhandenen, bekannten Mustern ermittelt, mit denen dann Abfragen in einer Datenbank erfolgen. Diese Abfragen erfolgen nacheinander, wodurch sich die Auswahl mehr und mehr auf das gesuchte Interferenzpigment verdichtet. Sinnvoll ist auch die Erstellung von Musterausmischungen mit Interferenz- und Aluminiumpigmenten, um entsprechende Messdaten zu sammeln.

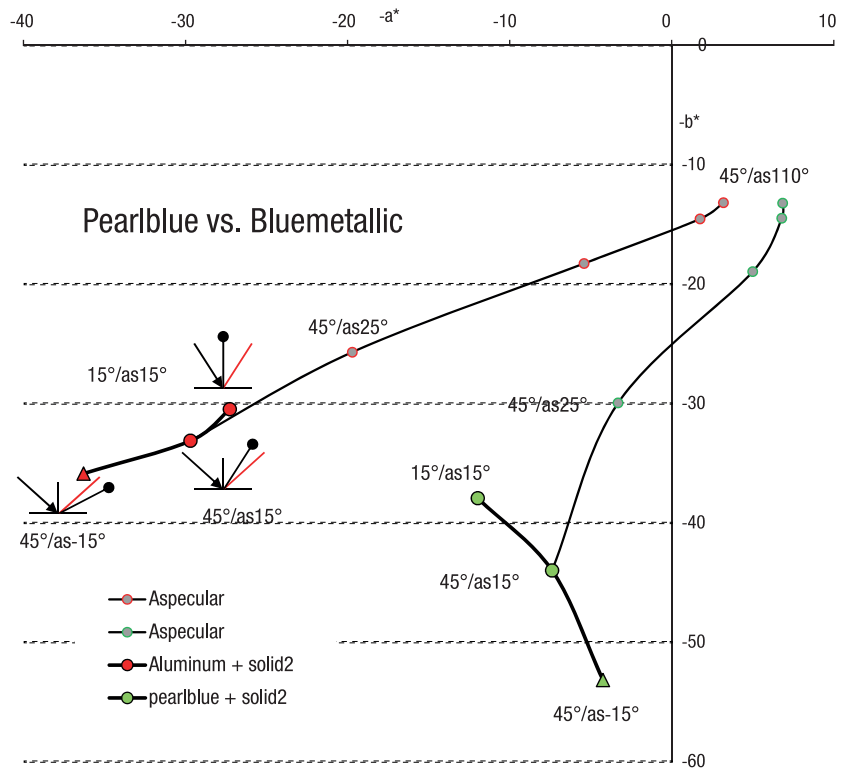


Abb. 4 // Gleiche Blauabmischungen mit Aluminium- und Perlblue-Pigmenten, Unterschiede anhand der Interferenzlinien sind deutlich sichtbar.

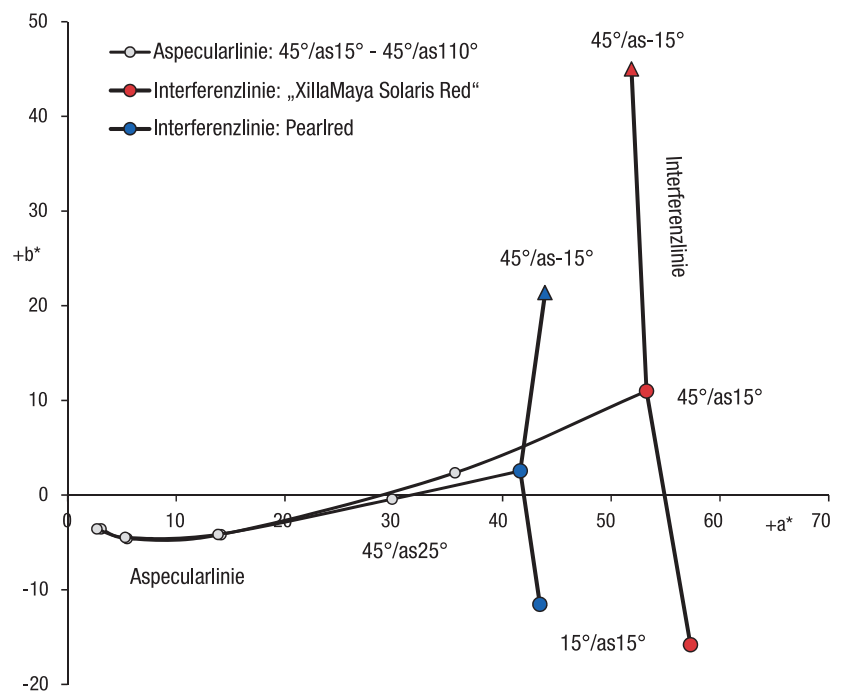


Abb. 5 // Interferenzlinien verlaufen bei flacher Beleuchtung stets gegen den Uhrzeigersinn (Farbveränderung der roten Interferenzpigmente vom bläulichen zum gelblichen Rot).

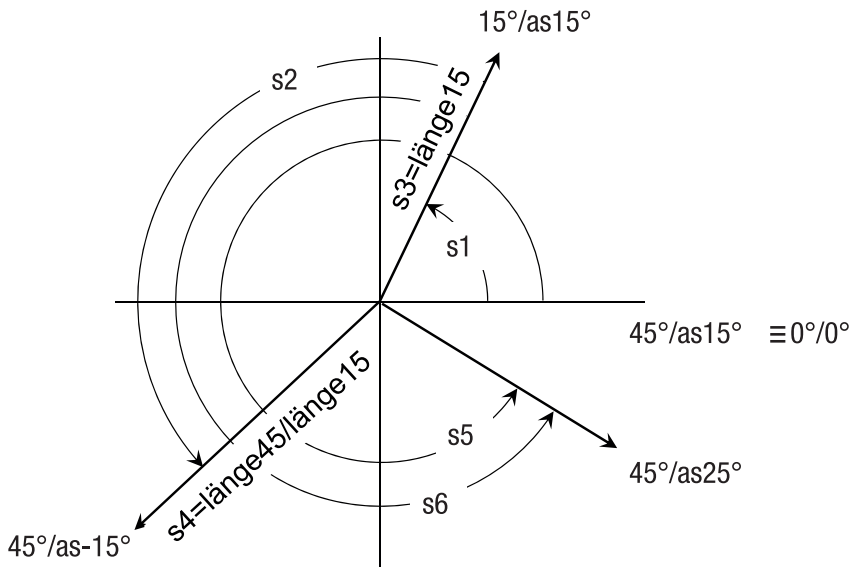


Abb. 6 // Die sechs Parameter für die Interferenzbestimmung ergeben sich aus berechneten a^*b^* -Werten (Definition der Interferenz- und Aspecularlinien).

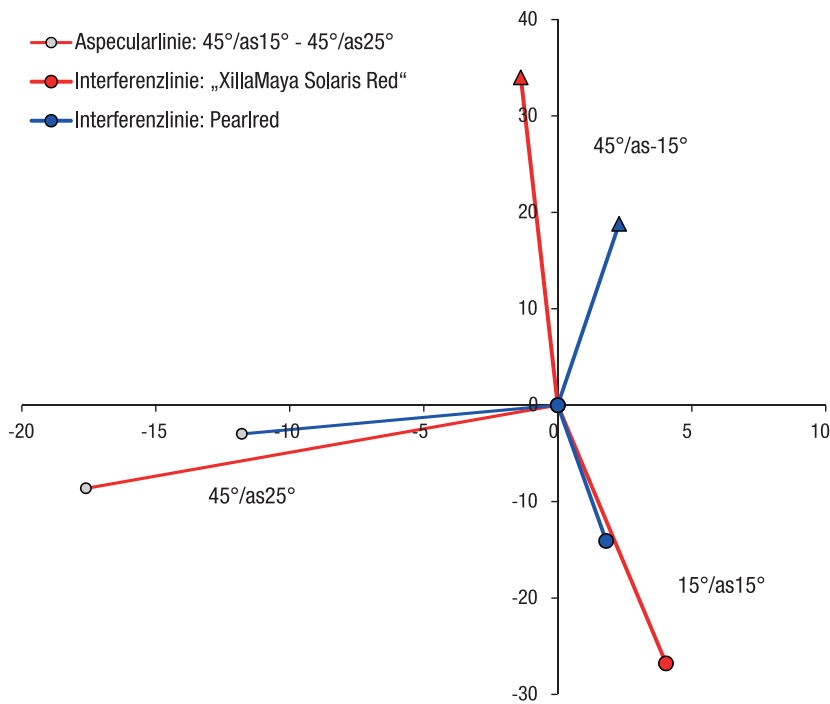


Abb. 7 // Zur Berechnung der sechs Parameter wird ein Koordinatensystem in der Geometrie 45°/as15° gelegt, Unterschiede lassen sich durch die Parameter darstellen.

Berechnung und Festlegung der Parameter

Parameter s1: Der Schenkel der Interferenzlinie von der steilen zur klassischen Beleuchtung (15°/as15° und 45°/as15°) bildet einen bestimmten Winkel zur x-Achse. Grüne Interferenzpigmente besitzen einen kleineren Winkel als beispielsweise rote Interferenzpigmente. Der Winkel ist also abhängig von der Reflexionsfarbe und ist damit der erste wichtige Hinweis auf ein Interferenzpigment.

Parameter s2: Auch der zweite Parameter bezieht sich auf die Interferenzlinie. Er beschreibt den Winkel zwischen beiden Schenkeln der Interferenzlinie. Er muss nicht immer 180° sein, sondern kann von diesem Wert durchaus abweichen. Die Schenkel werden durch die Teilstücke der Interferenzlinie von 15°/as15° bis 45°/as15° und 45°/as15° bis 45°/as-15° gebildet.

Parameter s3: Dieser Parameter spiegelt die Länge des Schenkels von 15°/as15° bis 45°/as15° wider.

Parameter s4: Parameter 4 gibt das Verhältnis beider Schenkel von 15°/as15° bis 45°/as15° und von 45°/as15° bis 45°/as-15° an. Das Verhältnis ist eine wichtigere Komponente als die Länge des zweiten Schenkels. In Kombination mit Parameter s3 kann die Länge der Interferenzlinie bestimmt werden.

Parameter s5: Bei Interferenzpigmenten und deren Mischungen verläuft die Aspecularlinie ungefähr in Richtung des Unbuntpunktes. Deshalb wird zur Charakterisierung auch der Winkel zwischen x-Achse und dem Linienstück 45°/as15° bis 45°/as25° herangezogen. Bei grünen Interferenzpigmenten ist der Winkel sehr groß (zwischen 270° und 360°), während er bei roten Interferenzpigmenten deutlich kleiner ist (180° bis 270°).

Parameter s6: Der sechste Parameter bezieht sich auf den Winkel zwischen dem ersten Schenkel der Interferenzlinie und dem beschriebenen Schenkel der Aspecularlinie. Er entspricht der Differenz zwischen Parameter s5 und Parameter s1 (Abb. 7)

Die Bezeichnungen s1 bis s6 sind willkürlich. Die Winkel werden aus praktischen Gründen in Werte zwischen 0 und 1000 umgerechnet. Alle Versuche haben gezeigt, dass selbst bei bauähnlichen Pigmenten eine Differenzierung aufgrund dieser Parameter möglich ist.

Die Methode testen

Um diese Methode zu testen, wurde eine Datenbank mit unterschiedlichen Interferenzpigmenten und deren Mischungen eingesetzt.

Zunächst wurden einige Interferenzpigmente ausgewählt und deren Werte s1 bis s6 aus der Datenbank ermittelt. Mit dieser Auswahl wurde jeweils ein Bereich für jeden Parameter festgelegt. Der erste Test erfolgte mit ChromaFlair 190, dessen Farbverlauf von Gelborange bei flacher Beleuchtung über Rot, Violett und Blau bis Grün bei steiler Beleuchtung verläuft. Alle ChromaFlair 190-Muster konnten auf Anhieb in der Datenbank gefunden werden. Aufgrund seiner Buntheit kann dieses Pigment als Vollton leicht identifiziert werden. Da bauähnliche Pigmente vom gleichen Hersteller angeboten werden, ist eine Differenzierung mit dieser Methode angebracht.

Test 2: Perlrot

Für den zweiten Test wurde Perlrot eines Herstellers ausgewählt, das in der Datenbank als Vollton und in Mischungen vorkommt. Bei der ersten Abfrage mit s1 wurden 71 Muster gefunden, neben Perlrot und Mischungen auch andersfarbige Interferenzpigmente. Die weitere Abfrage mit s2 reduzierte das Ergebnis auf 31 Muster, auch hier mit einigen anderen Interferenzpigmenten. Die dritte Abfrage mit s3 ergab 19 Treffer von Perlrot und weniger ähnlichen Interferenzpigmenten. Und bei der 4. Abfrage mit s4 blieben 16 Muster übrig, die sich bei der nächsten Abfrage s5 auf 12 Muster reduzierte. Diese 12 Muster waren exakt die Perlrot-Muster des Herstellers in der Datenbank.

Der Vorgang wurde mit Perlrot eines anderen Herstellers wiederholt. Die Abfrage mit dessen Parametern liefert nur dieses Perlrot.

Test 3: Perlblau

Die Abfrage mit dem ersten Parameter s1 führte zu 77 Treffern für Perlblaus verschiedener Hersteller sowie ähnlicher Pigmente. Die zweite Abfrage reduzierte diese Treffer auf 26, und mit der fünften Abfrage wurden alle 12 blauen Interferenzpigmente dieses Herstellers gefunden. Der Vorgang wurde mit einem Perlblau-Pigment eines anderen Herstellers wiederholt. Auch hier führte die Abfrage genau zu diesem Pigment.

Test 4: Stellar Green

Anhand der gemessenen Interferenzlinie ($15^\circ/\text{as}15^\circ - 45^\circ/\text{as}15^\circ - 45^\circ/\text{as}-15^\circ$) lässt sich meistens der Farbbereich eines Interferenzpigmentes ablesen. Deren Lage und Stellung weist auf entsprechende optische Vorgänge hin. Schwieriger ist eine Differenzierung verschiedener, farbgleicher Interferenzpigmente. Als Beispiel wurde ein Perlgrün und ein Stellar Green gewählt. Stellar Green besitzt eine deutlich größere Spannweite der Interferenz als das Perlgrün, auch im Vergleich zu ähnlichen Pigmenten. Bei geringer Konzentration kann sich diese Spannweite aber verkürzen und vergleichbar zu der von Perlgrün werden. Allerdings unterscheiden sie sich noch die Anordnung der Interferenz- und Aspecularlinien, was erkennbar in den berechneten Parametern ist. Diese Parameter zeigen deutlich die Unterschiede zwischen einem Stellar Green und einem Perlgrün, sodass eine Differenzierung beider Pigmente möglich ist. Versuche mit Mischungen von Interferenzpigmenten mit absorbierenden Buntpigmenten führen zu gleichen Ergebnissen.

WERNER RUDOLF CRAMER

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.



WERNER RUDOLF CRAMER
Freier Berater

Einfach integrierbar

INTERVIEW // NUTZT MAN VORHANDENE DATENBANKEN, IST DIE EINFÜHRUNG RELATIV UNPROBLEMANTISCH.

Mit welcher Methode wurden Interferenzpigmente bisher identifiziert? Wie groß ist die Zeitersparnis?

Die gebräuchlichen Methoden sind eher reaktiv, indem man auf vorhandene Lackformulierungen zurückgreift. Auch eignen sich die aktuellen Messgeräte nur bedingt zur Identifizierung, weil die entsprechenden Geometrien nicht angeboten werden. Eine aktive Methode beschleunigt die Identifizierung, weil die optischen Eigenschaften genutzt werden.

Wie aufwendig ist es, die neue Methode in die bisherigen Abläufe zu integrieren?

Nutzt man vorhandene Datenbanken, ist die Einführung dieser Methode relativ unproblematisch sein. Dazu werden wie bei allen Methoden Kalibrierungen vorgenommen, die die Grundlagen für die Festlegung der optischen Eigenschaften sind. Diese beziehen sich nicht nur auf bunte Interferenzpigmente, sondern auch auf weiße und Aluminiumpigmente.

Für welches Anwendungsgebiet ist die neue Methode am besten geeignet?

Im Autolackbereich findet sich der größte Nutzen, um beispielsweise Interferenzpigmente schneller und eindeutiger in neuen oder unbekannten Mustern zu identifizieren. Und das gilt sowohl für den Refinish- als auch für den OEM-Bereich. Auch bei der Produktion oder in der Pigmenteingangskontrolle lässt sich diese Methode anwenden.

// Kontakt: wrcramer@muenster.de

Das Interview führte Silke Karl.

Mehr zum Thema!



446 Ergebnisse für Pigmente!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360