

Weißes in bunter Mischung



Quelle: Thierry RYO - stock.adobe.com

PIGMENTE // IN MISCHUNGEN MIT UNBUNTEN PIGMENTEN WEISEN BUNTPIGMENTE DIE GLEICHEN OPTISCHEN CHARAKTERISTIKA AUF WIE IN REINFORM. DIES GILT SOWOHL FÜR DEN MIX MIT WEISS- ALS AUCH MIT ALUMINIUM- UND WEISSEN INTERFERENZPIGMENTEN. IN DEN MISCHREIHEN ZEIGEN BLAUE UND GRÜNE PIGMENTE JEDOCH EIN DEUTLICH ANDERES VERHALTEN ALS ROTE UND GELBE.

Werner Rudolf Cramer, freier Berater

Das Sortiment an Buntpigmenten ist groß und umfasst sowohl anorganische als auch organische Pigmente diverser chemischer Strukturen. Abmischungen mit unbunten Pigmenten – von Weiß- über Aluminium- bis zu weißen Interferenzpigmenten – eröffnen eine farbige Welt unzähliger Nuancen.

Beim Mischen von Bunt mit Unbunt ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich nicht alle Farben gleich verhalten. So gibt es einen eklatanten Unterschied zwischen Rot und Gelb einerseits sowie Grün und Blau andererseits: Grüne und blaue Buntpigmente reagieren in den Mischreihen mit einem Wendepunkt. Bis zum Wendepunkt nimmt die Buntheit der grünen bzw. blauen Mischungen bei Zugabe des unbunten Pigments zu, danach fällt sie wieder ab. Bei gelben und roten Buntpigmenten tritt kein solcher Wendepunkt auf. Das Phänomen ist im Einklang mit dem optischen Verhalten der jeweiligen reinen Buntpigmente.

Farben – physikalisch und physiologisch gesehen

Unsere aktuelle Farbtheorie basiert auf Annahmen aus dem 19. Jahrhundert. Einerseits hatte Alexander von Humboldt die Drei-Farben-Lehre (Drei-Zonen-Lehre) entwickelt, wonach unser Sehen auf der Grundlage der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau basiert. Im Gegensatz dazu stand die Vier-Farben-Lehre von Ewald Hering, der die Theorie der Gegenfarben entwickelte. Hier standen sich die Farben Gelb und Blau sowie Rot und Grün gegenüber [1]. Diese Theorie entspricht unserem Empfinden, wonach kein Gelb bläulich und kein Blau gelblich ist. Dasselbe gilt für Rot und Grün: Kein Rot kann grünlich sein, und kein Grün kann rötlich sein. Beide Theorien wurden von Kries zur Zonentheorie kombiniert, die auch Grundlage für die CIE-Darstellungen wurde [2–4]. Auch Wilhelm Ostwald, Nobelpreisträger für die Definition der Katalyse, und Henry William Munsell trugen wesentlich zur physiologischen Sichtweise der Farben bei [5–7].

Für eine Nuancierung reichen diese Informationen jedoch nicht aus, denn die Farbwahrnehmung spielt sich in unserem Kopf ab und hat nur bedingt mit den Pigmenten zu tun. Dem Auge und dem Gehirn ist es egal, ob ein Orange aus Gelb und Rot gemischt wurde oder als einzelnes Pigment vorliegt. Da das Gehirn die Reflexionen in Farbempfindungen „übersetzt“, können bestimmte Eigenschaften der Pigmente nicht erkannt werden: Ein gelbes Pigment reflektiert nicht nur im gelben Spektralbereich, sondern auch im grünen und im roten. Beide Bereiche werden vom Gehirn additiv zu Gelb gemischt und ergeben mit dem gelben Bereich eine leuchtende und intensive Farbe. Ein aus Rot und Gelb gemischtes Orange besitzt im Vergleich zu einem orangefarbenen Buntpigment in seiner Reflexionskurve eine Sattelform und ist als solches leicht zu erkennen. Purpur, das vom Gehirn aus den beiden Farben der zwei Enden des Spektrums zusammengesetzt wird und nicht im Spektrum vorkommt, lässt sich anhand seiner Reflexionskurven bestimmen.

Reflexionskurven sind nicht nur wichtig bei der Beurteilung von Buntpigmenten, sondern auch von Aluminium- und Interferenzpigmenten. Bei Interferenzpigmenten hängt die resultierende Farbe vom Beleuchtungswinkel und vom Betrachtungswinkel ab. Aus diesen Gründen ist eine Auswertung anhand der Reflexionskurven und der errechneten Farbwerte notwendig. Nur so lassen sich die optischen Eigenschaften eines Buntpigmentes und sein Mischverhalten gegenüber unbunten Pigmenten verstehen.

Optische Eigenschaften im Test

Um die optischen Eigenschaften von Buntpigmenten und ihren Mischungen mit unbunten Pigmenten zu beleuchten, wurden Mischla-

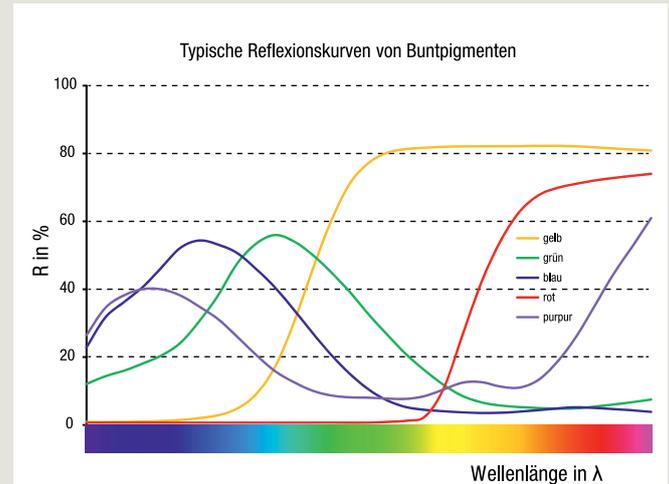


Abb. 1// Bunte Pigmente lassen sich typischerweise einteilen in solche mit einem Reflexionsmaximum (grün, blau) und solche mit einem Reflexionsplateau (gelb, orange, rot). Violette Buntpigmente reflektieren sowohl im langwelligeren (roten) als auch im kurzwelligen (blauen) Spektralbereich.

cke in Konzentrationsreihen mit Weiß sowie mit Aluminium- und weißen Interferenzpigmenten aus den jeweiligen Mischsystemen der Lackhersteller gemischt.

Alle Musterbleche wurden farbmetrisch vermessen, wobei zur Bewertung die Messgeometrie 45°/as45° (Beleuchtung/Beobachtung) gewählt wurde. Für die Abmischungen mit einem Aluminium- oder einem weißen Interferenzpigment wurde die glanznahe Geometrie 45°/as15° gewählt.

Ein Schwerpunkt der Auswertungen war auch der Vergleich der Reflexionskurven mit den Farbwerten $L^*a^*b^*$. Die Reflexionskurven geben einerseits die physikalisch-optischen Eigenschaften eines Pigments wieder, andererseits definieren die Farbwerte, die aus den Reflexionswerten berechnet wurden, die physiologischen Eigenschaften. Diese

Ergebnisse auf einen Blick

- Buntpigmente lassen sich aufgrund ihrer optischen Eigenschaften in zwei Kategorien einteilen.
- Grüne und blaue Buntpigmente haben ein Reflexionsmaximum, gelbe und rote ein Reflexionsplateau.
- Grüne und blaue Buntpigmente zeigen einen Wendepunkt, wenn sie mit einem unbunten Pigment (weißes, Aluminium- oder weißes Interferenzpigment) gemischt werden. Bis zum Wendepunkt nimmt die Buntheit der Mischungen zu, danach fällt sie in Richtung zum unbunten Pigment ab.
- Bei gelben und roten Buntpigmenten findet sich kein Wendepunkt in den Mischreihen mit unbunten Pigmenten.

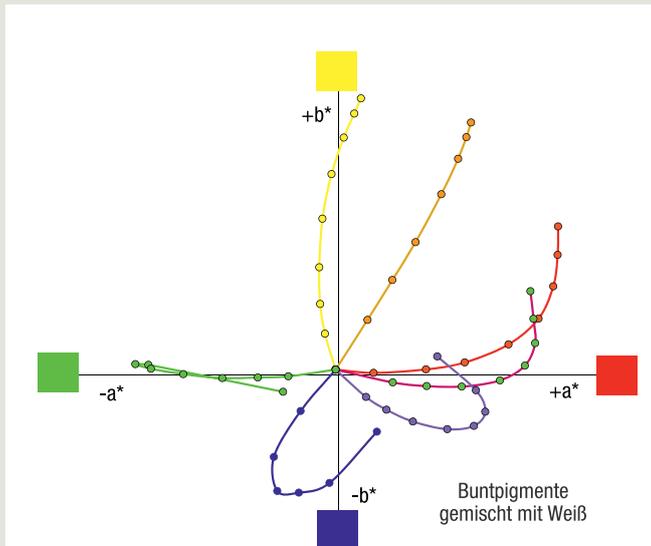


Abb. 2 // Mischreihen gelber und roter Buntpigmente mit Weiß verlaufen mehr oder weniger zwischen den Ausgangspigmenten. Entsprechende Mischreihen mit blauen oder grünen Buntpigmenten zeigen einen Wendepunkt mit maximaler Buntheit.

„Übersetzung“ der physikalischen Werte in physiologische Farbwerte stellt einen entscheidenden Schritt zur Farbbeurteilung dar. Die $L^*a^*b^*$ -Farbwerte zeigen dem Mitarbeiter oder Nuanceur im Lacklabor die eindeutige Farbposition seines lackierten Musterblechs. Unabhängig von subjektiven Bewertungen lassen sich so objektive Darstellungen durch Farbmessungen erzielen.

Die Farbwerte werden zwar durch diese übliche Darstellung gut beschrieben, sind aber nach Umrechnung in $L^*C^*h^\circ$ -Werte besser einzuordnen. Während die a^*b^* -Werte die Anteile auf den entsprechenden Rot-Grün- und Gelb-Blau-Achsen im Koordinatensystem darstellen und somit den Farbort bestimmen, sorgt die $L^*C^*h^\circ$ -Darstellung für eine bessere Übersichtlichkeit: Der L^* -Wert ist für beide Darstellungsarten gleich, der C^* -Wert errechnet sich aus den a^*b^* -Werten und zeigt den Abstand des Farbortes vom Nullpunkt des Koordinatensystems. Der C^* -Wert steht für die Buntheit der Farbe. Der h° -Wert wird in Grad angegeben und gibt den Winkel zur roten Achse ($+a^*$) an. Zusammen beschreiben diese Werte eine Farbe: Farbton (h°), Buntheit (C^*) und Helligkeit (L^*). Diese Einteilung entspricht auch unserer Farbwahrnehmung.

Buntpigmente sind nicht farbneutral

Alle untersuchten Buntpigmente stellen keine idealen Farben dar. Je nach chemischer Basis und Herstellungsverfahren unterscheiden sie sich in der Farbe: Farbneutrale Pigmente gibt es nicht. Aufgrund ihres Farbcharakters tendieren sie in unterschiedliche Richtungen. Ein gelbes Pigment kann rötlich oder grünlich sein, aber niemals bläulich. Ist ein rötlicher Bereich gewünscht, hat es keinen Sinn, mit einem grünlichen Gelb zu tönen. Deshalb sollte immer mit Pigmenten getönt werden, die farblich am nächsten liegen.

Außerdem haben Pigmente eine unterschiedliche Farbstärke. Dies ist bei Mischungen zu berücksichtigen. So sollte für ein gemischtes Orange mit dem gelben Pigment begonnen und wenig Rot zugegeben werden. Wird umgekehrt mit Rot angefangen, ist am Ende vielleicht die hundertfache Menge an Gelb notwendig.

Neben der Beschreibung ihres Farbtons, ihrer Buntheit und ihrer Helligkeit lassen sich Buntpigmente aufgrund ihres optischen Verhaltens in zwei Gruppen einteilen: In der einen Gruppe befinden sich Pigmente, deren Reflexionen ein ausgeprägtes Maximum aufweisen. Dies gilt für blaue, grüne und blauviolette Pigmente. Sie zeigen Maxima im kurzwelligen Spektralbereich mit entsprechenden Flanken. Im Gegensatz dazu weist die zweite Gruppe, die gelbe, orangefarbene und rote Pigmente umfasst, auffällige Reflexionsplateaus auf. Dabei nimmt die Reflexion zum längerwelligen Spektralbereich zu und bleibt bis zum Ende des Spektrums auf einem hohen Reflexionsniveau. Die Lage der Flanke zu diesem Reflexionsplateau ist typisch für Gelb, Orange oder Rot (Abb. 1).

Die Unterscheidung der Buntpigmente nach ihren optischen Eigenschaften war die Grundlage für weitere Versuche an Mischreihen mit unbunten Pigmenten. Dazu wurden ein Weißpigment sowie Aluminium- und weiße Interferenzpigmente gewählt. Die Ergebnisse waren im Wesentlichen gleich und werden an ausgewählten Beispielen vorgestellt.

Buntpigmente plus Weiß

Das unterschiedliche Reflexionsverhalten der zwei Buntpigmentgruppen spiegelt sich auch in deren Mischverhalten mit Weißpigmenten wider: Mischt man gelbe oder rote Buntpigmente mit einem Weißpigment, verlaufen die Farborte der Mischreihen mehr oder weniger direkt zwischen den Farborten der Weiß- und der Buntpigmente. Ein gelbes Buntpigment kann beim Mischen mit einem Weißpigment einen leichten „Schwenk“ in Richtung Olivgrün machen, findet ansonsten aber den direkten Weg zum un bunten Weiß (Nullpunkt des Koordinatensystems). Rote Pigmente zeigen beim Mischen mit Weiß oft einen größeren „Ausschlag“ ins Blaue. Aber auch bei ihnen verläuft die Reihe der resultierenden Mischfarben zwischen dem Farbort der jeweiligen roten Ausgangsfarbe und Weiß (Abb. 2).

Während beim Mischen von Gelb oder Rot mit Weiß die Buntheit also kontinuierlich ab- und die Helligkeit kontinuierlich zunimmt, zeigen Blau- und Grünpigmente ein abweichendes Mischverhalten: Mischt man sie mit Weiß, nehmen zunächst sowohl Buntheit als auch Helligkeit zu. Dann aber wird ein Wendepunkt beobachtet, ab dem die Buntheit wieder abnimmt, während die Helligkeit weiter in Richtung Weiß zunimmt. Die Verbindungskurve der Farborte ähnelt einer Schleife mit einem Wendepunkt mit der höchsten Buntheit.

Dieses Verhalten wirkt sich beim Abtönen aus, wie Abb. 3 am Beispiel eines Blaupigments zeigt: Liegt der Farbort der Mischung zwischen dem des blauen Pigments und dem Wendepunkt (A-Seite), führt eine weitere Zugabe des blauen Pigments zu einer Abnahme der Buntheit und der Helligkeit. Befindet er sich auf der B-Seite zwischen dem Wen-

Mehr zum Thema!



115 Ergebnisse für optische Eigenschaft
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360

depunkt und dem weißen Pigment, erhöht das Hinzufügen des blauen Pigments das Chroma und verringert die Helligkeit. Wird zu einer Mischung mit einem Farbort zwischen dem des blauen Pigments und dem Wendepunkt (A-Seite) Weiß hinzugefügt, nehmen die Buntheit und die Helligkeit zu. Auf der B-Seite des Wendepunkts führt die Zugabe von Weiß zu einer Abnahme der Buntheit und einer Zunahme der Helligkeit. Aus diesem Grund ist es beim Nuancieren wichtig, den jeweiligen Wendepunkt zu kennen.

Buntpigmente plus Aluminiumpigmente

Aluminiumpigmente werden nach ihrem Herstellungsverfahren in „Cornflakes“ und „Silverdollars“ eingeteilt. Außerdem unterscheiden sie sich in der Pigmentgröße (Plättchengröße). Mischversuche mit verschiedenen Aluminiumpigmenten (Mischlacke) zeigten keine Unterschiede im Verhalten gegenüber Buntpigmenten.

Wird ein Aluminiumpigment mit einem Buntpigment gemischt, zeigt die Mischreihe ein vergleichbares Verhalten wie die Mischreihen mit einem weißen Absorptionspigment. Für ein Blau- oder Grünpigment bedeutet das wiederum das Auftreten eines Wendepunktes: Beginnend mit dem Blaupigment in Abb. 4 nehmen Buntheit und Helligkeit in den Mischungen mit steigendem Anteil Aluminium zu. Wie bei Mischungen mit einem Weißpigment steigen Buntheit und Helligkeit bis zum Wendepunkt an. Ab diesem Punkt (B-Seite) nimmt das Chroma ab, während die Helligkeit in Richtung des Aluminiumpigments weiter zunimmt. Auch hier erhöht also die Zugabe von Aluminiumpigment die Buntheit und Helligkeit, solange die Farbe zwischen dem Farbort des blauen Pigments und dem Wendepunkt (A-Seite) liegt. Befindet man sich auf der anderen Seite des Wendepunktes (B-Seite), führt die Zugabe von Aluminiumpigment zu einer Abnahme der Buntheit bei gleichzeitiger Erhöhung der Helligkeit. Wird einer Mischung, deren Farbort zwischen dem des blauen Pigments und dem Wendepunkt (A-Seite) liegt, blaues Pigment zugesetzt, nehmen Buntheit und Helligkeit ab. Liegt der Farbort auf der B-Seite zwischen Wendepunkt und Aluminiumpigment, bewirkt die Zugabe von blauem Pigment eine Buntheitszunahme und eine Helligkeitsabnahme.

Das Aluminiumpigment verhält sich also wie ein Weißpigment, wenn es mit blauen oder grünen Buntpigmenten gemischt wird. Es gibt keinen erkennbaren Unterschied zwischen den verschiedenen Typen und Arten von Aluminiumpigmenten. Auch Mischungen gelber und roter Buntpigmente mit Aluminiumpigmenten verhalten sich wie entsprechende Mischungen mit einem Weißpigment.

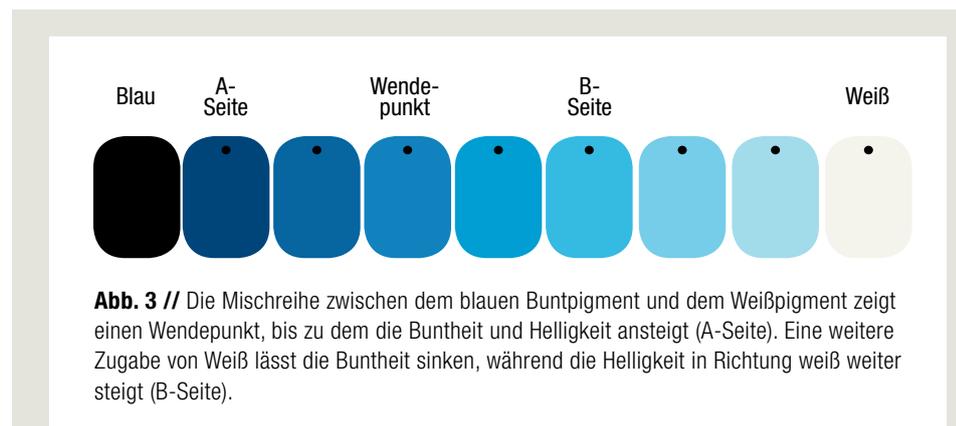


Abb. 3 // Die Mischreihe zwischen dem blauen Buntpigment und dem Weißpigment zeigt einen Wendepunkt, bis zu dem die Buntheit und Helligkeit ansteigt (A-Seite). Eine weitere Zugabe von Weiß lässt die Buntheit sinken, während die Helligkeit in Richtung weiß weiter steigt (B-Seite).

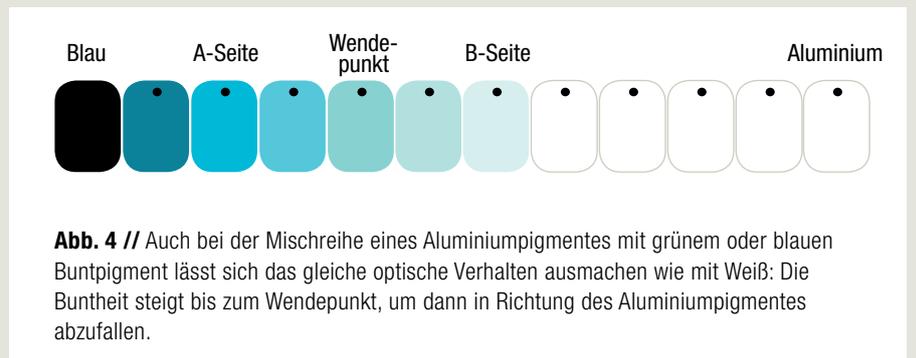


Abb. 4 // Auch bei der Mischreihe eines Aluminiumpigmentes mit grünem oder blauem Buntpigment lässt sich das gleiche optische Verhalten ausmachen wie mit Weiß: Die Buntheit steigt bis zum Wendepunkt, um dann in Richtung des Aluminiumpigmentes abzufallen.

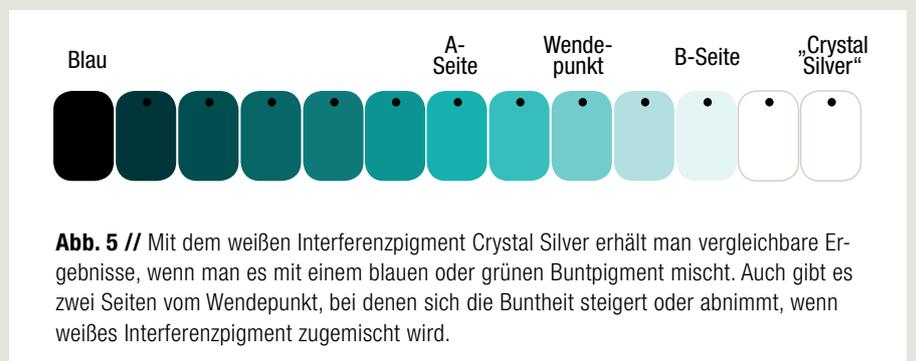


Abb. 5 // Mit dem weißen Interferenzpigment Crystal Silver erhält man vergleichbare Ergebnisse, wenn man es mit einem blauen oder grünen Buntpigment mischt. Auch gibt es zwei Seiten vom Wendepunkt, bei denen sich die Buntheit steigert oder abnimmt, wenn weißes Interferenzpigment zugemischt wird.

Buntpigmente plus Interferenzpigmente

Weißer Interferenzpigmente zeigen gegenüber ihren farbigen Varianten keine Farbverschiebung im sichtbaren Spektralbereich. Im unsichtbaren UV-Bereich findet eine Verschiebung der Reflexionen aufgrund des veränderten Winkels der Beleuchtung statt.

Weißer Interferenzpigmente wurden erstmals in der Farbpalette der Automobilhersteller in einem Drei-Schicht-Lackaufbau mit weißer Grundierung, Effektbasislack und Klarlack eingesetzt. Es folgten diverse Mischungen von Perlglanzpigmenten mit Buntpigmenten in nahezu allen Farbprogrammen der Automobilhersteller. Heute findet man in der Regel Kombinationen aller drei Pigmentarten unter Ausnutzung ihrer jeweiligen Vorteile. In Mischreihen mit Buntpigmenten zeigen

weiße Interferenzpigmente das gleiche Verhalten wie Weiß- und Aluminiumpigmente. Werden weiße Interferenzpigmente also mit blauen und grünen Buntpigmenten gemischt, steigen zunächst Chroma und Helligkeit ab dem Farbort des blauen oder grünen Pigments bis zum Wendepunkt an (A-Seite). Danach nimmt die Buntheit ab, und die Helligkeit steigt bis zum weißen Interferenzpigment weiter (B-Seite), wie Abb. 5 anhand der Mischreihe eines blauen Pigments veranschaulicht.

Beim Nuancieren ist es auch hier wichtig, auf welcher Seite des Wendepunktes begonnen wird: Zwischen dem Farbpigment und dem Wendepunkt steigen Buntheit und Helligkeit, wenn weißes Interferenzpigment hinzugefügt wird. Auf der B-Seite des Wendepunkts nimmt bei weiterer Zugabe von weißem In-

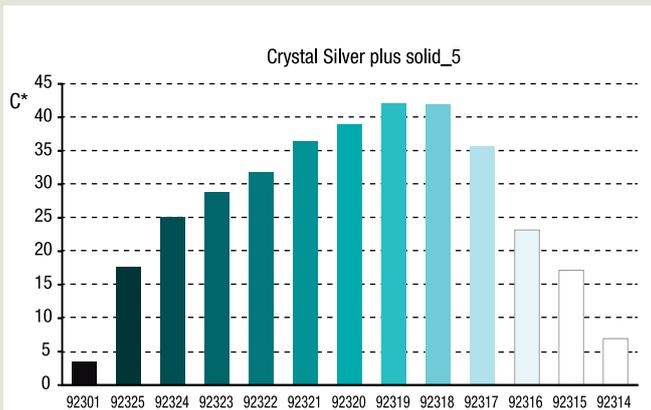


Abb. 6 // In der Mischreihe des weißen Interferenzpigmentes Crystal Silver mit dem blaugrünen Buntpigment nimmt die Buntheit zunächst bis zum Wendepunkt zu, um dann in Richtung des weißen Interferenzpigmentes abzunehmen. Die Bezeichnungen der x-Achse beziehen sich auf die Probennummern.



Abb. 7 // In der gleichen Mischreihe nimmt die Helligkeit kontinuierlich zu, wenn der Anteil an weißem Interferenzpigment steigt. Ein Wendepunkt ist nicht zu erkennen.

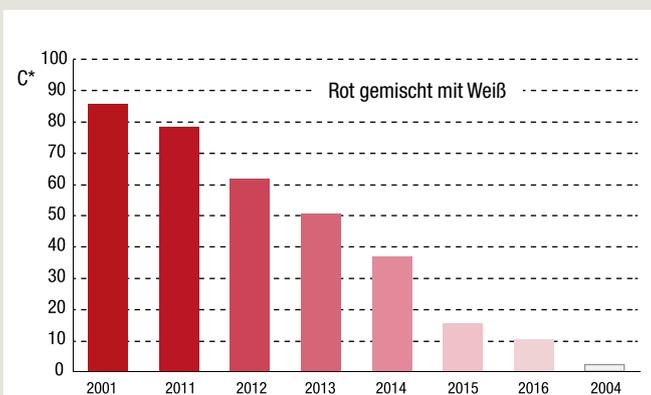


Abb. 8 // Ein Vergleich mit einer Mischreihe eines roten Buntpigmentes mit Weiß zeigt die kontinuierliche Änderung der Buntheit, ohne dass ein Wendepunkt auftritt.

terferenzpigment die Buntheit ab, und die Helligkeit steigt (Abb. 6, 7). Dementsprechend nehmen Chroma und Helligkeit ab, wenn der Mischung Buntpigment zugegeben wird und man sich auf der A-Seite zwischen Buntpigment und Wendepunkt befindet. Ab dem Wendepunkt, also auf der B-Seite nehmen Chroma und Helligkeit ab, wenn Buntpigment hinzugefügt wird (Abb. 8).

Reflexionskurven erklären das Mischverhalten

Die Darstellung der a^*b^* -Farbwerte der Mischreihen zeigt nicht, warum sich blaue und grüne Buntpigmente so anders verhalten als rote und gelbe. Die Reflexionskurven (Abb. 1) liefern dagegen die Erklärung. Das Hinzufügen eines weißen Pigmentes, eines weißen Interferenzpigmentes oder eines Aluminiumpigmentes zu einem roten oder gelben Buntpigment erhöht dessen geringe Reflexionen im kurzwelligen Spektralbereich schneller und stärker als dessen hohes längerwelliges farbbestimmendes Reflexionsplateau. So können die Reflexionen eines gelben Pigments im kurzwelligen Spektralbereich etwa 90-mal niedriger sein als die eines weißen Pigments. Im längerwelligem Spektralbereich ist der Unterschied viel kleiner. Beim Hinzufügen von Weiß wird der reflexionsarme Bereich überproportional angehoben. Aus diesem Grund wird die Buntheit nicht durch die unbunten Pigmente verstärkt, sondern kontinuierlich verringert.

Verwendet man ein grünes oder blaues Buntpigment, werden bei Zugabe eines der weißen Pigmente zunächst dessen farbbestimmende kürzerwellige Reflexionsmaxima angehoben. Die Buntheit nimmt zu. Steigen dann – ab dem Wendepunkt – auch die geringeren Reflexionen im langwelligen Spektralbereich an, der an das jeweilige Maximum grenzt, werden die resultierenden Mischungen farbschwächer, und die Buntheit nimmt ab. Außerdem werden die Mischungen immer heller. Anhand ihrer Reflexionskurven können also die zwei Typen von Buntpigmenten unterschieden werden: Während blaue und grüne Buntpigmente ein Reflexionsmaximum haben, zeigen gelbe und rote ein Reflexionsplateau. Mit einem Weißpigment, einem Aluminiumpigment oder einem weißen Interferenzpigment mischen sich beide Typen unterschiedlich: Blaue und grüne Buntpigmente erhöhen ihre Buntheit in einer Mischreihe mit einem unbunten Pigment bis zu einem Wendepunkt, danach nimmt die Buntheit wieder ab. Dieser Wendepunkt ist bei gelben und roten Farbpigmenten nicht zu beobachten. In der Mischreihe mit einem unbunten Pigment nimmt die Buntheit kontinuierlich ab.

Literatur

- [1] E. Hering, Zur Lehre vom Lichtsinne, Gerold Wien, 1878
 - [2] Helmholtz, Hermann von, Handbuch der physiologischen Optik. L. Voss, Leipzig, 1867
 - [3] Helmholtz, Herrman von, Gesammelte Schriften III.2, Olms-Weidmann, 2003
 - [4] Kries, Johannes von, Allgemeine Sinnesphysiologie, Leipzig, 1923
 - [5] Ostwald, Wilhelm, Einführung in die Farbenlehre, Phillip Reclam, Leipzig, 1919
 - [6] Munsell, Albert Henry, Atlas of the Munsell Color System, 1915
 - [7] Pfaff, G. et al., Encyclopedia of Color, Dyes and Pigments, De Gruyter, 2022
- Bitte geeignete Literatur einfügen

Kontakt // wrcramer@muenster.de

WERNER RUDOLF CRAMER

studierte Chemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster. Er ist als freier Berater und Fachjournalist tätig. Sein Schwerpunkt liegt im Bereich der Effektpigmente, ihrem Mischverhalten und ihrer Farbmessung.

