

JOT

Journal für Oberflächentechnik

Ein-Bad-Vorbehandlung

Entfetten, Beizen und
Phosphatieren in einem Schritt

Schnelle Soft-Entlackung

Aluminiumfelgen
schonend entlacken

Sichere Teilereinigung

Prozesskontrolle durch
mobilen Benetzungstest

Dichtstrom-Technologie

**Kosteneinsparungen
und ein Höchstmaß
an Flexibilität**



Farbe als Übersetzung der physikalischen Welt

Passt, passt nicht oder doch? Diese Frage stellt sich oft in Zusammenhang mit Farben und Farbunterschieden. Die Beantwortung der Frage ist nicht immer leicht, besonders wenn unterschiedliche Applikationsarten und Materialien eine Rolle spielen. Hier lohnt sich ein Blick auf die Vorgänge bei der Farbentstehung.

Werner Rudolf Cramer

Die Selbstverständlichkeit, mit der wir Farben sehen, führt dazu, dass wir uns keine oder wenige Gedanken über die Zusammenhänge machen. Im Prinzip ist es sehr einfach: Alles, was vor dem Auge, also in unserer Umgebung passiert, ist Physik. Alles, was hinter dem Auge passiert – also im Gehirn – ist Physiologie. Dabei spielt es für Auge und Gehirn keine Rolle, ob ich einen Lack mit einem grünen Pigment vor mir habe oder einen Lack mit einer Mischung ei-

nes gelben und eines blauen Pigmentes. In beiden Fällen sehe ich grün.

Es sind die sogenannten sichtbaren Strahlen, die in unserem Auge eine Farbreaktion auslösen. Beschrieben werden sie durch ihre Wellenlängen von 400 bis 700 nm ($= 10^{-9}$ m). Sie lösen Farbreize von Blauviolett über Blau, Grün, Gelb und Orange bis Rot aus und bilden zusammen das Farbspektrum, das eine Zusammensetzung des Sonnenlichtes darstellt.

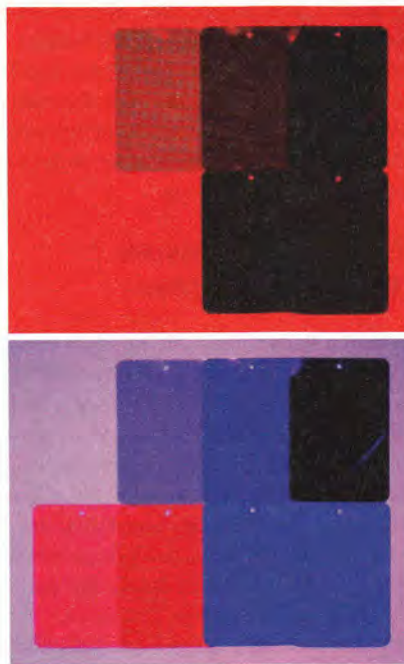
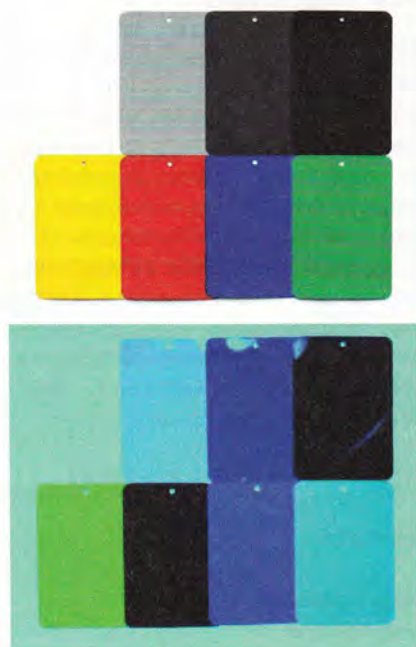
Buntpigmente manipulieren das Licht

Alle Lichtstrahlen der Sonne hinterlassen bei uns einen weißen Farbeindruck. Damit Farben entstehen, müssen Teile dieses Spektrums abgeschwächt werden. Diese Manipulation des weißen Lichtes geschieht durch Buntpigmente, die ein Teil absorbieren und den Rest in alle Richtungen streuen. Aluminiumpigmente spiegeln das einfallende Licht, Interferenzpigmente teilen es und fügen die Teile wieder zusammen. Reflektiert werden Lichtstrahlen immer im gesamten Bereich des Spektrums. Es gibt keine „Löcher“. Wenn beispielsweise ein roter Lack Licht reflektiert, reflektiert er im roten Spektralbereich mit vergleichsweise hohen Anteilen und in den anderen Bereichen mit nur geringen Anteilen.

Die Farbe ist nicht an Objekte gekoppelt. Würde man ein Objekt beispielsweise mit grünem oder rotem Licht beschienen, würden wir es in einer anderen Farbe wahrnehmen. Die Pigmente besitzen entsprechende Eigenschaften, mit den einfallenden Lichtstrahlen umzugehen. Der Farbeindruck entsteht nur im Gehirn.

Zapfen sorgen für das Farbsehen

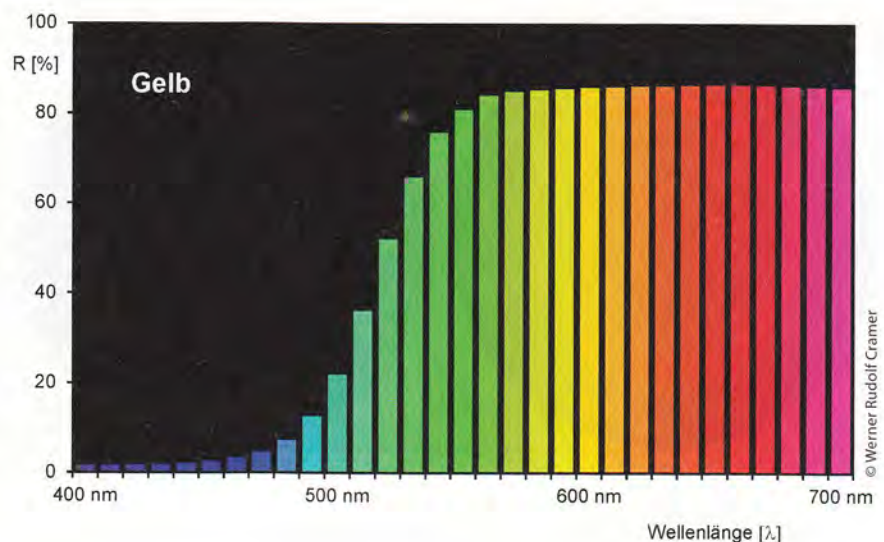
Alle Vorgänge der Manipulation der Lichtstrahlen lassen sich physikalisch-optisch beschreiben: Das Auge empfängt die manipulierten Lichtstrahlen, wandelt sie in Farbreize um, die ans Gehirn gesendet werden. Das Auge fungiert sozusagen als



© Werner Rudolf Cramer

Farbe ist nicht an ein Objekt gekoppelt. Daher lässt farbiges Licht die bunten Musterbleche unterschiedlich erscheinen. Sie reflektieren Teile des Lichtes, was im Gehirn eine Farbempfindung hervorruft.

Die Welt vor unserem Auge wird durch Lichtstrahlen dargestellt. Das Auge und das Gehirn übersetzen diese Lichtstrahlen in Farbe. Allerdings können wir nicht alles erkennen: Gelbe Lacke reflektieren beispielsweise auch im grünen und roten Spektralbereich.



Brücke zwischen den Vorgängen in unserer Umgebung und unserem Gehirn.

Die Lichtstrahlen durchdringen die Linse und treffen auf den sogenannten Gelben Fleck in der rückwandigen Netzhaut. Hier sind vor allem die Zapfen konzentriert, die für das Farbsehen verantwortlich sind. Die Zapfen lassen sich nach ihrer Empfindlichkeit unterscheiden: Ein Zapfen ist für den Blaubereich empfindlich, der zweite für den Grün- und der dritte für den Rotbereich. Diese drei Zapfen ermöglichen das trichromatische Sehen. Ist ein Zapfen defekt oder fehlt ein Zapfen, spricht man von einer Farbenfehlsichtigkeit oder Farbenblindheit.

Neben den Zapfen gibt es in der Netzhaut noch die Stäbchen, die für das Hell-Dunkel-Sehen verantwortlich sind. Diese sind über die gesamte Netzhaut verteilt. Beide lichtempfindlichen Empfänger, Zapfen und Stäbchen, besitzen ihre höchste Empfindlichkeit im grünen Bereich, in dem die Sonne ihr Intensitätsmaximum besitzt.

Vom Farbspektrum zum Farbkreis

Im Gehirn werden die optischen Reize, die im Auge ausgelöst werden, zu Farben „übersetzt“. Die größte Leistung unseres Gehirns ist seine Fähigkeit, die beiden Farben des jeweiligen Farbspektrum-Endes zu einer neuen Farbe zu verbinden. So existiert die Farbe Purpur nicht im Spektrum, sondern nur im Gehirn. Auf diese Weise entsteht aus dem Farbspektrum ein Farbkreis ohne Anfang und Ende. Während das Farbspektrum an seinen Enden

in für uns unsichtbare Bereiche übergeht, besitzen unser Farbsehen und damit der Farbkreis keine „schwarzen Löcher“. Das Gehirn setzt auch Lichtstrahlen zusammen, die es additiv mischt: Beispielsweise können wir nicht erkennen, dass ein gelber Lack auch im grünen und roten Bereich reflektiert. Beide Farbbereiche werden vom Gehirn zu Gelb addiert – Vorgänge wie sie auch in Bildschirmen oder Smartphones passieren. Sowohl ein gelber als auch ein blauer Lack reflektieren im grünen Spektralbereich, weshalb Grün übrig bleibt, wenn man beide Lacke mischt. Grün ist deswegen trotzdem keine Mischfarbe.

Unterschiedliche Faktoren beeinflussen unser Farbempfinden

Unser Gehirn ist so angelegt, dass es kein bläuliches Gelb gibt, sondern nur ein rötliches oder grünliches. Genauso gibt es kein grünliches Rot, sondern nur ein gelbliches oder bläuliches. Deswegen stehen sich bei unserem Farbempfinden Gelb und Blau sowie Grün und Rot gegenüber.

Für praktische Anwendungen im Lackbereich spielen weitere Eigenschaften des Gehirns eine wichtige Rolle: Das Gehirn kann sich keine Farbe merken. Das heißt es reicht nicht aus, sich ein farbiges Objekt anzuschauen, um es anschließend im Labor nachmischen zu wollen. Ich brauche hierfür eine Vorlage oder muss den direkten Vergleich durchführen.

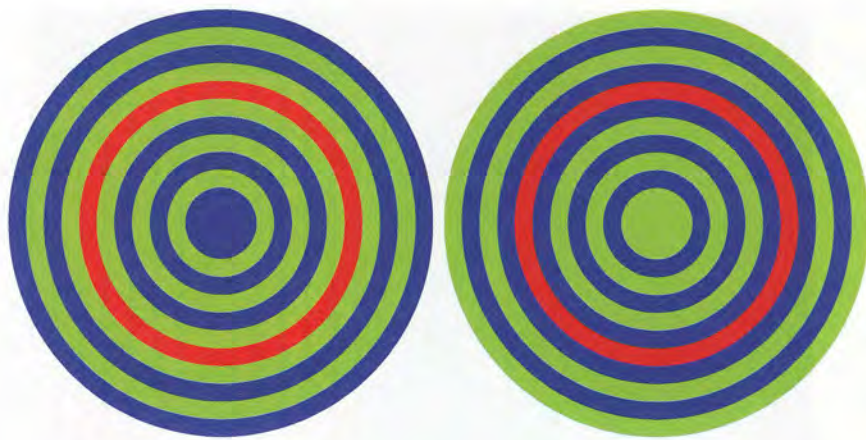
Vergleichen kann das Gehirn Farben allerdings sehr gut und erkennt auch kleine

Farbunterschiede. Werden lackierte Teile zusammengebaut, deren Lacke unterschiedlich appliziert oder unterschiedlich formuliert wurden, treten oft Unterschiede auf. Auch bei wechselnden Lichtarten treten Unterschiede auf, was als Metamerie bezeichnet wird: Obwohl Objekte unterschiedlich reflektieren, entsteht im Gehirn in beiden Fällen die gleiche Farbe. Bei einer Änderung der Lichtart treten allerdings Unterschiede auf.

Dass unser Farbsehen und -empfinden nicht objektiv ist, zeigt sich auch in den Einflüssen der Umgebungsfarbe. Farbgleiche Gegenstände können vor verschiedenen farbigen Hintergründen unterschiedlich wirken. Ein Grün vor gelbem Hintergrund wirkt anders als das gleichfarbige Grün vor blauem Hintergrund. Auch Vorlieben für bestimmte Farben können den Farbeindruck beeinflussen.

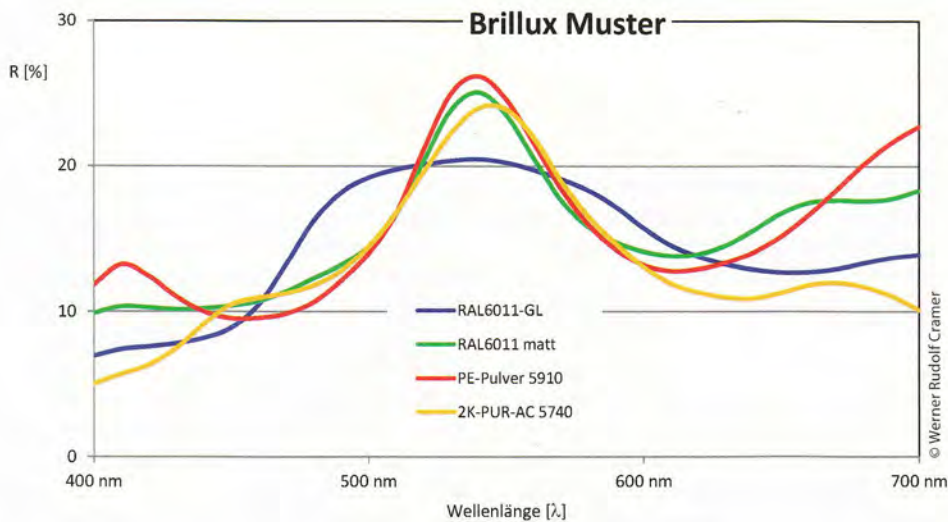
Farbmessgeräte ermöglichen eine objektive Farbbeurteilung

Für eine objektive Farbbeurteilung eignen sich Farbmessgeräte. Sie messen die Anteile des Lichtes, die von den Mustern, wie lackierten Blechen, zurückgeworfen werden. Dargestellt werden sie in Form von Reflexionskurven. Die Reflexionswerte dieser Kurven werden dann mittels entsprechenden mathematischen Formeln in physiologische Farbwerte umgerechnet. Gebräuchlicherweise wird für die Umrechnung das CIELab-System benutzt. Auch dieses beruht auf der Darstellung von Gegenfarben: Farben werden in ei-



Das Gehirn lässt sich in seiner Farbwahrnehmung täuschen. Dies ist beispielsweise bei Farbmusterungen zu beachten: Die beiden roten Ringe sind eigentlich gleichfarbig, wirken aufgrund der unterschiedlichen Reihenfolge der grünen und blauen Ringe jedoch verschiedenfarbig.

© Werner Rudolf Cramer



Unterschiedliche Reflexionen können wir als gleichfarbig wahrnehmen. Ändert man die Lichtart, können sie verschiedenfarbig erscheinen. Dieses Phänomen der Metamerie ist insbesondere bei unterschiedlich lackierten Teilen zu beachten.

© Werner Rudolf Cramer

nem Koordinatensystem abgebildet, wobei die a^* -Achse die Grün-Rot-Achse darstellt. Negative Werte stehen für Grünanteile, positive für Rotanteile. Senkrecht zur a^* -Achse steht die b^* -Achse mit positiven Anteilen für Gelb und negativen für Blau. Senkrecht zu beiden Achsen steht die Helligkeitsachse, die in der Regel separat dargestellt wird. Mit den drei Werten L^* für Helligkeit, a^* für den Grün-Rot-Anteil und b^* für Gelb-Blau-Anteile lassen sich Farben exakt beschreiben.

Allerdings gibt es bei der Farbmessung einige Besonderheiten zu beachten, die von der Messmethode abhängen: Für die Messung von bunten Objekten werden Messgeräte mit gerichteter Geometrie ($45^\circ/0^\circ$) oder Kugelgeometrie eingesetzt. Bei der gerichteten Geometrie wird das Objekt unter einem festen Winkel von 45° beleuchtet. Die Messung findet dann bei 0° statt. Bei der Kugelgeometrie wird das Objekt indirekt beleuchtet und mit oder ohne

Glanz gemessen. Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile, wobei unterschiedliche Messergebnisse auftreten können. Die Kugelgeometrie eignet sich besser für strukturierte Oberflächen, während die gerichtete Geometrie Vorteile bei glatten Oberflächen besitzt. Die Entscheidung für eine Methode hängt also vom Objekt und dessen Oberflächenbeschaffenheit ab.

Im Trend: Effektpigmente

Insbesondere im Automobilbereich, aber zunehmend auch im Industrielackbereich, werden Effektpigmente eingesetzt. Der Effekt entsteht dadurch, dass sich abhängig vom Beleuchtungs- und Beobachtungsstandpunkt die Farbe und/oder der Glanz ändern. Für die Messung sind Mehrwinkelgeräte notwendig. Angeboten werden aktuell tragbare Geräte mit einem oder zwei Beleuchtungswinkeln und mehr-

ren Beobachtungs- und Messwinkeln vom Glanz. Die Winkelangaben der Hersteller dieser Geräte beziehen sich dabei auf den Differenzwinkel zum Glanz.

Bei der Arbeit mit Farben sollte man nie vergessen, dass sowohl unser Farbsehen als auch die Farbmessung eine Übersetzung der Welt um uns herum ist: Lichtstrahlen, die sich physikalisch beschreiben lassen, werden in Farbwerte umgewandelt. Diese Übersetzung lässt Interpretationsmöglichkeiten zu. //

Der Autor

Werner Rudolf Cramer
freier Autor und Berater
Münster
info@wrcramer.de