



Report

3
2012

ISSN 1860-2835

Deutsche farbwissenschaftliche Gesellschaft e.V.

Herausgegeben vom Vorstand der DfwG

Verantwortlich: Prof. Dr. Bernhard Hill

38. DfwG-Jahrestagung in Aachen am 09.-11. Oktober 2012



Die 38. Jahrestagung der Deutschen farbwissenschaftlichen Gesellschaft (DfwG) fand vom 9. bis 11. Oktober 2012 in Aachen statt. Die Tagung wurde von Prof. Dr. Bernhard Hill (Aachen) und Prof. Dr. Gert von der Heide (Aachen) organisiert. Die Tagung war ein wichtiger Bestandteil der wissenschaftlichen Zusammenarbeit in der Farbwissenschaften und bot eine Plattform für den Austausch von Ideen und Erfahrungen zwischen Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern.

Die Tagung war ein wichtiger Bestandteil der wissenschaftlichen Zusammenarbeit in der Farbwissenschaften und bot eine Plattform für den Austausch von Ideen und Erfahrungen zwischen Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern. Die Tagung war ein wichtiger Bestandteil der wissenschaftlichen Zusammenarbeit in der Farbwissenschaften und bot eine Plattform für den Austausch von Ideen und Erfahrungen zwischen Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern.

Visuelle und instrumentelle Geometrien der Farbabmusterung

Warum sich Anwender mit der Farbabmusterung schwer tun

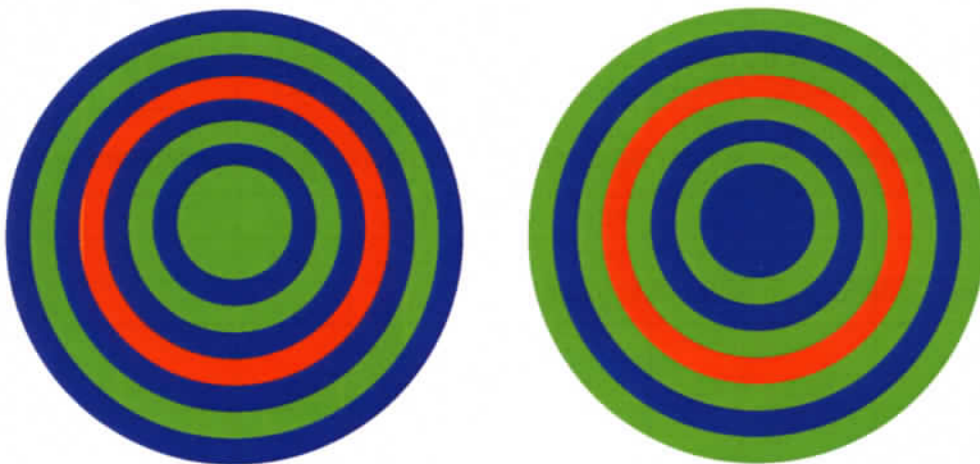
Werner Rudolf Cramer, Münster

info@wrcramer.de

Die instrumentelle Farbmessung hat sich in den vergangenen Jahren als probates Mittel entwickelt, die Kommunikation über Farben zu vereinfachen. Unabhängig von menschlichen Stimmungen, schlechten Launen oder gutem Wetter bietet die instrumentelle Farbmessung eine nahezu objektive Methode, Produktionen im großtechnischen Bereich zu steuern. Nimmt man die Produktionskette im automobilen Bereich als Beispiel, so kauft der Lackhersteller bei verschiedenen Pigmentherstellern ein, um die vom Autohersteller gewünschte Farbe herzustellen. Am Anfang prüft der Pigmenthersteller die Farbe seiner Pigmentcharge. Sind die mit dem Lackhersteller abgesprochenen Lieferbedingungen erfüllt, kann er seine Pigmentcharge an den Lackhersteller schicken. Dieser prüft in der Regel ebenfalls den Pigmenteingang und gibt diesen zur seiner Lackproduktion frei, wenn die Messwerte mit den Lieferbedingungen übereinstimmt und in der ausgemachten Toleranz liegen. Das gleiche Spiel setzt sich dann bei der Lackcharge für den Autohersteller fort: Zunächst prüft der Lackhersteller intern die Lackcharge, bevor er diese an den Autohersteller weiterschickt. Auch dieser überprüft den Lackeingang.

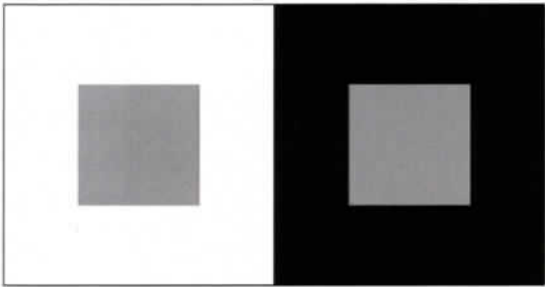
Farben sind Empfindungen

Farben, das sollte jedem Anwender klar sein, sind Reaktionen des menschlichen Auges und Gehirnes auf Lichtwellen. Draußen vor unserem Auge existieren keine Farben! Erst die Umwandlung der Lichtstrahlen, die von Objekten wie beispielsweise Autos reflektiert und vom Auge empfangen werden, führt zu einer Umwandlung dieser physikalischen Lichtstrahlen in physiologische Farbwerte. Im Gehirn passiert diese Umwandlung, die durch psychologische Momente beeinflusst werden kann. So führen sogenannte Umstimmungen dazu, dass wir im Mittagslicht ein weißes Auto genauso weiß empfinden wie in der rötlichen Abendsonne. Oder gleiche rote Flächen, die jeweils von einer blauen oder einer grünen Fläche umgeben sind, erscheinen uns als nicht gleich.



Das gleiche Rot mit gleichen Grün und Blau: Die Anordnung von Grün und Blau entscheiden über die Wirkung des Rots.

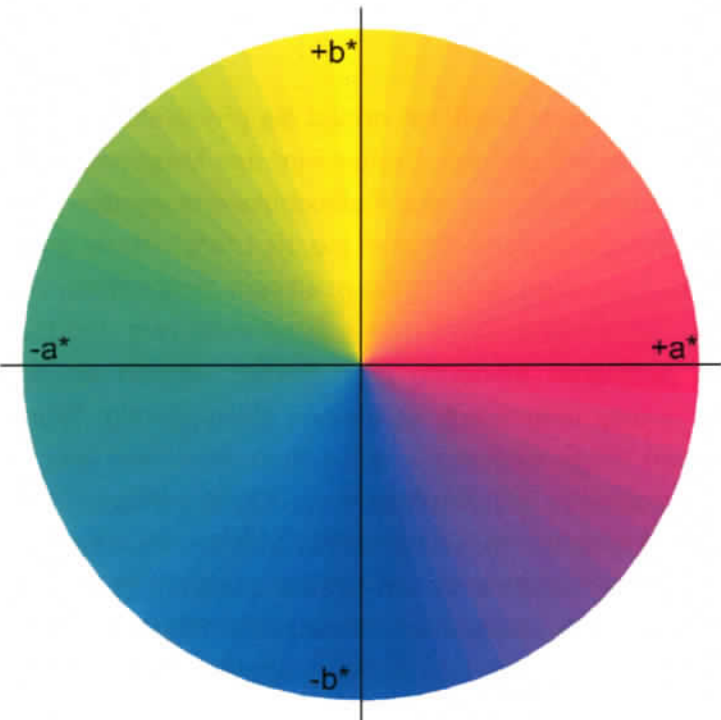
Es gibt viele Beispiele, wie das menschliche Auge und Gehirn getäuscht werden können. All diese Aspekte haben daher den Wunsch hervorgerufen, objektive Farbmessungen vorzunehmen. Hinzu kommen noch zwei Eigenschaften des menschlichen Auge und Gehirns: Es kann erstens hervorragend Farben differenzieren; zwei Musterbleche nebeneinander werden vom Auge als gleich oder nicht gleich bewertet. Zweitens kann das Gehirn keine Farben "parken". Das stellt man dann fest, wenn man zu seinem roten Poloshirt eine farbgleiche Hose kaufen möchte, ohne dass man das Poloshirt zum Vergleich mitnimmt. Im Labor lassen sich Farben nur nachstellen, wenn man die Vorlage und die Nachstellung vergleichen kann.



Silberne Musterbleche erscheinen vor weißem Hintergrund dunkler und vor schwarzem Hintergrund heller. Insofern spielt die Umgebungsfarbe bei der visuellen Abmusterung eine große Rolle.

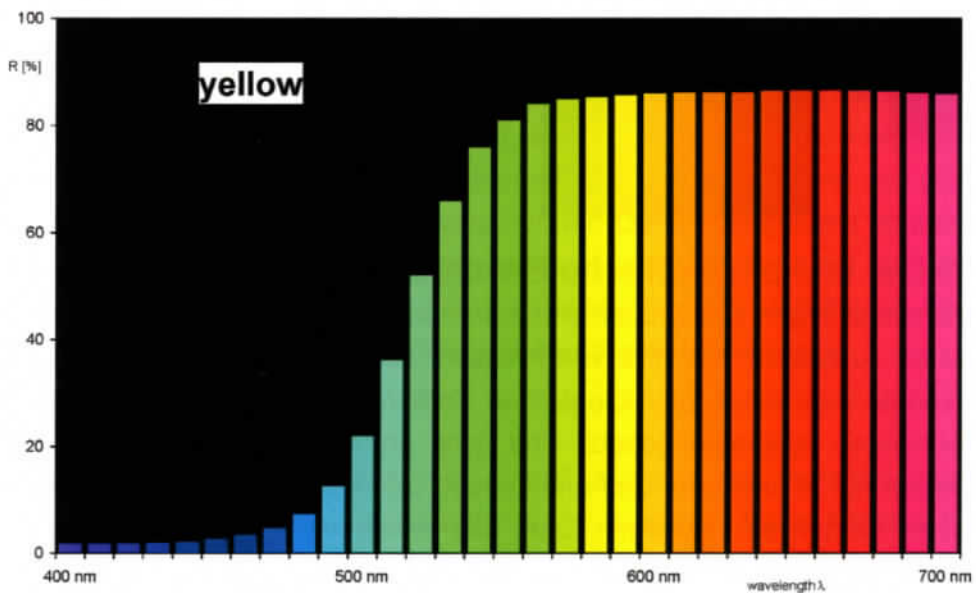
Physiologische und physikalische Beschreibung

Die ersten Versuche liegen schon über einhundert Jahre zurück, Farben unter physiologischen Gesichtspunkten zu ordnen. Mit Hilfe von Kreislern, auf denen man sogenannte Gegenfarben aufbrachte, konnte man einen physiologischen Farbkreis aufbauen. Farbkreise, die aufgrund von Farbmischungen zusammengesetzt sind, sind grundsätzlich falsch: Wie schon erwähnt entstehen Farben nur in unserem Kopf und Gehirn. Und der Farbkreis gehört zu deren Phänomenen, die beiden Farben am jeweiligen Ende des Spektrums – nämlich Blauviolett und Rot – zum Purpur zusammenzusetzen. Diese "Verbindungsfarbe" existiert draußen vor dem Auge nicht, sorgt aber dafür, dass wir Farben kontinuierlich empfinden, was schließlich den Farbkreis ergibt: Von Gelb über Orange, Rot, Violett, Purpur, Blau und Grün gelangt man wieder zum Gelb.



Der Farbkreis stellt die Reaktion des Gehirnes auf Farbreize vom Auge dar. In ihm liegen Gelb und Blau sowie Rot und Grün als Gegenfarben gegenüber.

Die physikalische Beschreibung der Farbe – besser der Lichtstrahlen vor dem Auge – erfolgt über Wellenlängen, die das sichtbare Spektrum von 400 bis 700 nm bilden. Lichtstrahlen mit bestimmten Wellenlängen lösen im Auge einen Farbreiz aus, der dann im Gehirn zu einer Farbempfindung führt. In der realen Welt der Farbpigmente haben wir es aber nicht mit Lichtstrahlen zu tun, die nur eine Wellenlänge besitzen. Das beste Beispiel sind gelbe Farbpigmente: Sie reflektieren nicht nur im gelben, sondern auch im roten und grünen Spektralbereich. Das Gehirn setzt die roten und grünen Anteile – wie der TV- oder PC-Bildschirm auch – zu Gelb zusammen. Das Auge kann nicht unterscheiden, ob das Gelb auf Lichtstrahlen einer einzelnen Wellenlänge (Beispiel Kochsalz) oder sich typischerweise aus mehreren im Spektralbereich von Grün bis Rot zusammensetzt.



Ein gelber Lack reflektiert nicht nur im gelben, sondern auch im roten und grünen Spektralbereich. Da das Gehirn Rot und Grün zu Gelb zusammensetzt, können wir die einzelnen Farbbereiche nicht erkennen.

Die instrumentelle Farbmessung

Die instrumentelle Farbmessung verbindet nun beides: Zunächst erfolgt die physikalische Messung von Lichtstrahlen, die vom Messobjekt reflektiert werden. Vorher wird das Messinstrument kalibriert, so dass eine einheitliche Messung erfolgen kann. Diese Reflexionswerte werden dann in physiologische Werte umgerechnet. Gebräuchlicherweise werden sie als $L^*a^*b^*$ -Werte angegeben: L^* ist der Helligkeitswert, a^* steht für den Wert für Rot mit positivem Vorzeichen, entsprechend Grün mit negativem Vorzeichen. Der b^* -Wert steht für Gelb mit positivem und Blau mit negativem Vorzeichen. Diese Werte definieren eindeutig eine Farbe; werden sie von Deutschland nach China per Telefon oder e-mail übermittelt, so bleiben sie eindeutig. Würde eine gefühlsmäßige Beschreibung auf diesem Wege erfolgen – helles Blau mit einem leichten Grüntich –, so würden die Vorstellungen der Kollegen in Deutschland und China variieren.

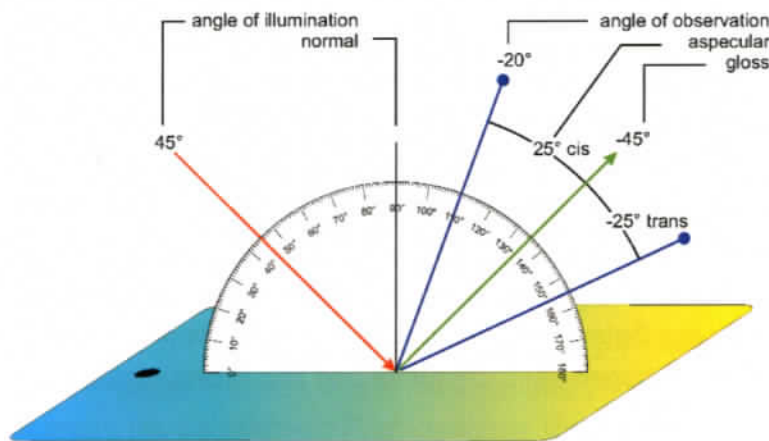
Grundsätzlich sind die Ergebnisse der instrumentellen Messung richtig und sie werden auch durch die visuelle Überprüfung bestätigt. Dennoch tauchen immer wieder Unstimmigkeiten bei den Labormitarbeitern auf, die beispielsweise Farben nachstellen müssen. Die Ursachen liegen aber nicht in der Methode als solcher, sondern in den verschiedenen Anforderungen und Vo-

raussetzungen: Erstens hat die instrumentelle Farbmessung immer mehr Einzug in die Labore gehalten. Zweitens hat der Anteil von Effektpigmenten und –lacken zugenommen. Drittens bleibt das Auge das entscheidende "Messinstrument", was zur Schlussbeurteilung eingesetzt wird. Und hierbei stimmen in den meisten Fällen die Voraussetzungen nicht überein.

Die bisherigen Darstellungen bezogen sich auf "normale" Farben, die im automobilen Bereich auch als Unifarben (solids) bezeichnet werden. Sie erscheinen in allen Blickwinkeln gleich, da sie in alle Richtungen das Licht reflektieren. Diese ungerichtete Reflexion ist in der Regel unabhängig von Messgeometrien. Moderne Farben in Autolacken, Kunststoffen oder in der Kosmetik beinhalten dagegen Effektpigmente, die sich je nach Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel verändert – entweder in der Helligkeit oder zusätzlich in der Farbe. Zu diesen Effektpigmenten zählen Aluminiumpigmente, die sich in ihrer Art und Größe unterscheiden können. Aufgrund des Herstellungsprozesses können sie unregelmäßige Formen als sogenannte Cornflakes oder regelmäßige Formen als Silverdollars einnehmen. Sie ändern insbesondere ihre Helligkeit, wenn der Beobachtungswinkel geändert wird. Die gleiche Reaktion findet man bei weißen Interferenzpigmenten wie dem Xirallic Crystal Silver. Bei den bunten Xirallic-Pigmenten kommt neben der Helligkeitsänderung auch eine Farbverschiebung hinzu.

Geometrien als notwendige Angabe

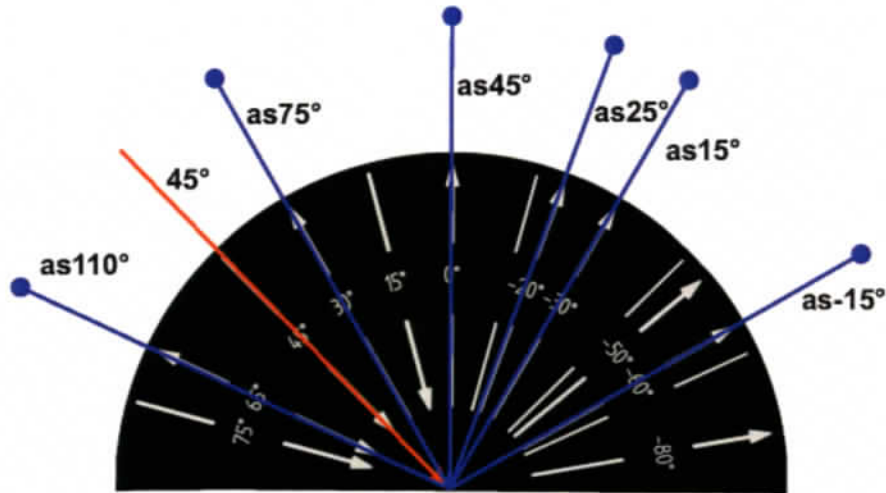
In allen Fällen ist aber eine Beachtung der Geometrien wichtig: Die Messinstrumente haben in der Regel feste Geometrien, die nicht geändert werden können. Die aktuellen tragbaren Instrumente beleuchten das Musterblech oder –probe unter einem Winkel von 45° und messen bei -15°, 15°, 25°, 45°, 75° und 110° vom Glanzwinkel. Diese Angaben geben den jeweiligen Differenzwinkel zum Glanzwinkel wieder und werden als aspecular-Geometrien bezeichnet. Die absoluten Winkel liegen bei -60°, -30°, -20°, 0°, 30° und 65°. Obwohl das optische Gesetz "Einfallswinkel = Ausfallswinkel" gilt, werden hier die Winkel auf der Seite des Glanzwinkels mit negativen Vorzeichen versehen (- 45°).



Die Auswahl dieser Geometrien erfolgte teilweise aus praktischen Gründen, teilweise wurden sie willkürlich gewählt. Ursprünglich waren diese Geometrien zur Messung von Metallicfarben gewählt worden, bei denen der Beleuchtungswinkel nicht die Rolle wie bei Interferenzpigmenten spielt. Versuche zeigen, dass die glanznahen Winkel bei $\pm 15^\circ$ ausreichend sind. Näher am Glanz können insbesondere bei Musterblechen mit Klarlack Artefakte gemessen werden. Der

Winkel von -15° aspecular ist im ASTM Standard Practice E2539 festgelegt. Er dient vor allen Dingen zur Unterscheidung von weißen und bunten Interferenzpigmenten. Im Vergleich zum $+15^\circ$ -Winkel zeigt sich eine Helligkeitsverschiebung bei Metallics und weißen Interferenzpigmenten. Bunte Interferenzpigmente zeigen eine Helligkeits- und Farbverschiebung.

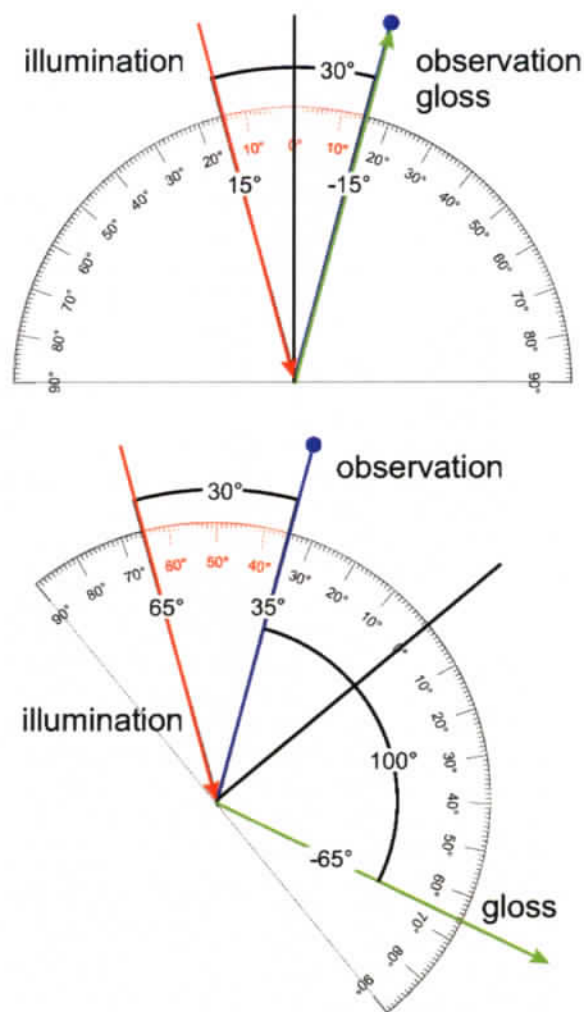
Die Messinstrumente liefern Messwerte, die auf der Basis dieser Geometrien entstehen. Und in



der Regel können diese Messwerte und die daraus berechneten Farbwerte $L^*a^*b^*$ nicht grundsätzlich falsch sein: Es werden nicht im roten Spektralbereich Reflexionen gemessen, die dann als Grün berechnet werden. Aber woher kommen Unstimmigkeiten zwischen den instrumentellen Messwerten und der visuellen Abprüfung insbesondere bei Effektfarben? Der Grund für diese Unstimmigkeit liegt in den Geometrien! Bei der visuellen Abmusterung in der Lichtkabine oder am Fenster ergeben sich andere Geometrien als die Messinstrument beim Messen einnehmen. Da Effektfarben extrem von den Geometrien abhängig sind, macht sich die Diskrepanz zwischen Messung und visueller Beurteilung umso stärker bemerkbar umso größer der Effekt ist. Gehen wir von zwei Situationen bei der visuellen Beurteilung einer Effektfarbe oder zweier Effektfarben im Vergleich aus: Eine Situation spiegelt das Abmustern am Fenster wider. In der Ausgangsposition hält der Prüfer das Musterblech so, dass es von außen bei 15° von der Normalen beleuchtet wird und der Prüfer in den Glanz schaut. Nun kippt er das Musterblech von sich weg und im zweiten Fall kippt er es zu sich hin. Egal in welche Richtung er das Musterblech kippt, ändert sich der Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel – bezogen auf die Blechhorizontale. Die relativen Positionen der Lichtquelle und des Prüfer bleiben aber immer gleich!

Abprüfung am Fenster

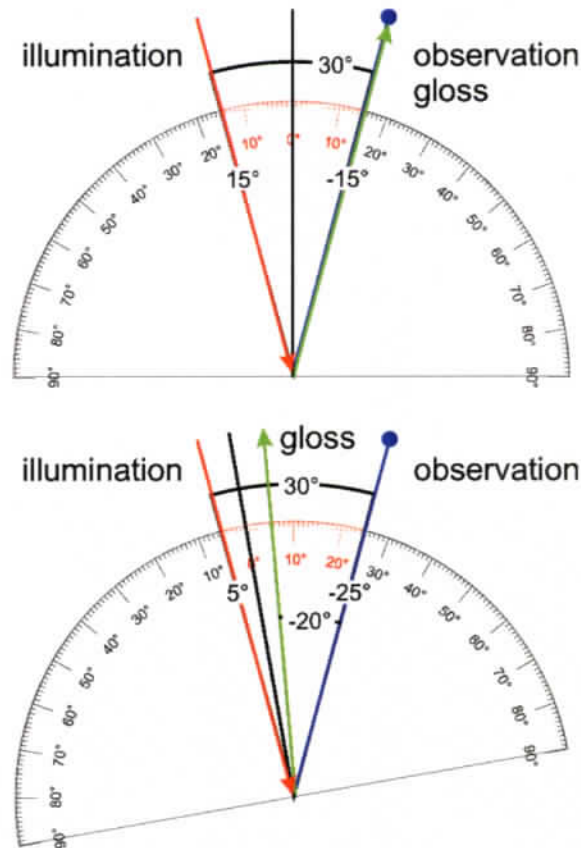
Kippt der Prüfer das Musterblech um 5° nun zu sich hin, so ändert sich der Beleuchtungswinkel von 15° auf 20° und entsprechend der Beobachtungswinkel von -15° auf -10° . Hatte der Prüfer zuerst das Blech im Glanz bei -15° (aspecular = 0°) beobachtet, so ändert sich der aspecular-Winkel auf 10° : Differenz zwischen Gloss = -20° und Beobachtung = -10° ist gleich 10° . Kippt er das Musterblech weiter in 5° -Schritten zu sich hin, so vergrößert sich der aspecular-Winkel jeweils um 10° .



Kippt er das Musterblech zu sich hin, so vergrößern sich der Beleuchtungswinkel und der aspecular-Winkel.

Der umgekehrte Fall, bei dem der Prüfer das Musterblech von sich wegkippt, ist noch interessanter: Kippt er das Musterblech zunächst um 5° von sich weg, so verkleinert sich der Beleuchtungswinkel ebenfalls um 5° auf 10°. Der Beobachtungswinkel vergrößert sich um 5° auf -20°. Daraus ergibt sich ein aspecular-Winkel von -10°, weil der Prüfer hinter dem Glanzwinkel von -10° steht. Diese Position wird auch als trans-Position bezeichnet, weil die Beleuchtung und Beobachtung jeweils auf gegenüberliegenden Seiten des Glanzwinkels liegen. Liegen sie auf der gleichen Seite, so bezeichnet man diese Position als cis-Position. Im weiteren Verlauf kippt der Prüfer das Musterblech weiter von sich weg, bis der Beleuchtungswinkel 0° erreicht. In dieser Position liegen Beleuchtung und Normale, die senkrecht zum Musterblech steht, überein. Da die relativen Positionen der Beleuchtung und des Prüfers immer gleich 30° bleiben – die beiden Positionen ändern sich zueinander nicht –, ergibt sich in diesem Fall ein aspecular-Winkel von 30°. Kippt der Prüfer nun das Musterblech um weitere 5°, so wechselt die Beleuchtung gegenüber der Normalen die Seite auf -5°. Der Prüfer wandert ebenfalls um 5° weiter auf -35°. Da der Glanzwinkel nun bei +5° steht, erreicht der aspecular-Winkel einen Wert von +40°.

Kippt der Prüfer das Musterblech von sich weg, so verkleinert sich zunächst der Beleuchtungswinkel und der aspecular-Winkel geht in die trans-Position. Er wechselt die Position nach cis,



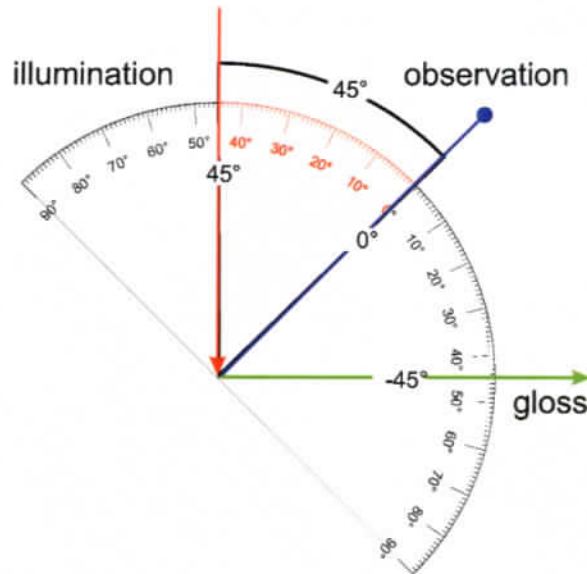
wenn der Beleuchtungswinkel die Normale erreicht und in den Quadranten der Beobachtung wechselt.

Die aspecular-Winkel springen hier von der trans- zur cis-Position: Von einem aspecular-Winkel von -20° bei einer Beleuchtung von $+5^\circ$ ändert sich dieser zu $+40^\circ$ bei einer Beleuchtung von -5° . In keinem Fall werden von einem portablen Messinstrument diese Geometrien angefahren, so dass ein Vergleich der Messwerte mit einer visuellen Abprüfung am Fenster nicht möglich ist.

Abprüfung in der Lichtkabine

Für die Abprüfung in der Lichtkabine gibt es verschiedene Vorschläge der Autohersteller. In der Regel wird das Musterblech senkrecht von oben beleuchtet und der Prüfer hält dieses beispielsweise um 45° gekippt zu sich. Wie im Falle der Beobachtung am Fenster bleiben die relativen Positionen der Beleuchtung und der Beobachtung immer gleich. In diesem Fall beträgt der fixierte Winkel zwischen Beleuchtung und Beobachtung 45° .

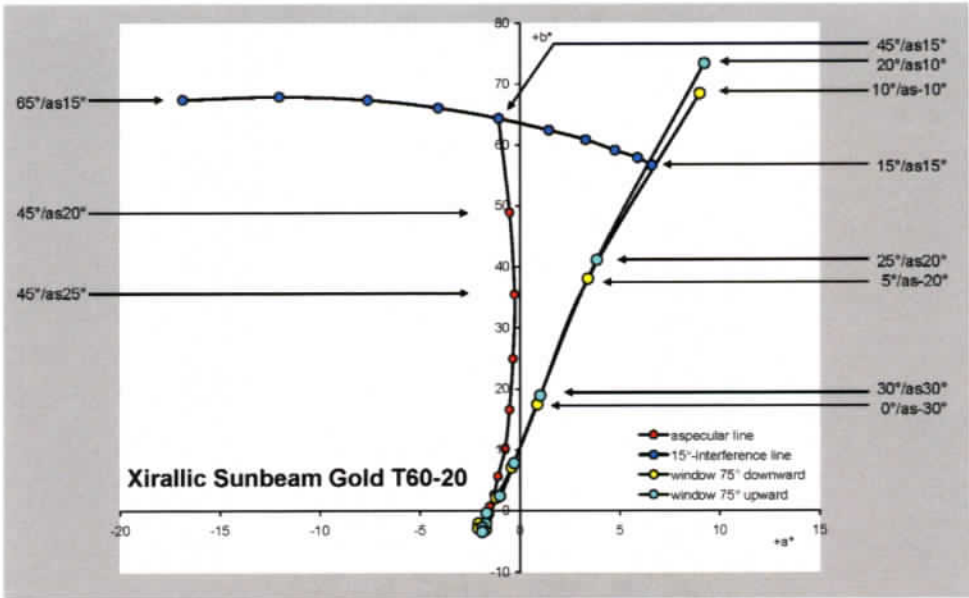
In dieser Ausgangsposition beträgt der aspecular-Winkel 45° . Wie beim Kippen des Musterbleches am Fenster zum Prüfer vergrößert sich der Beleuchtungswinkel. Entsprechend vergrößern sich der Beobachtungswinkel und damit auch der Differenzwinkel (aspecular-Winkel). Kippt der Prüfer das Musterblech um 5° von sich weg, so verkleinert sich der Beobachtungswinkel auf 40° . Der Beobachtungswinkel ändert sich von 0° auf -5° , woraus sich ein aspecular-Winkel von 35° errechnet. Kippt der Prüfer das Musterblech weiter, so verringern sich Beleuchtungs-, Beobachtungs- und Differenzwinkel. Zwischen den Beobachtungswinkeln von 25° und 20° wechseln die Beobachtungswinkel die Positionen von cis nach trans. Dieses entspricht dem Verhalten bei der Beurteilung am Fenster. Und bei weiterem Kippen bleibt der jeweilige Beobachtungswinkel in der trans-Position. Kippt der Prüfer das Musterblech über 0° hinaus, so wechseln Beleuchtungs- und Glanzwinkel die Seite. Dann wechselt auch der aspecular-Winkel wieder zur cis-Position.



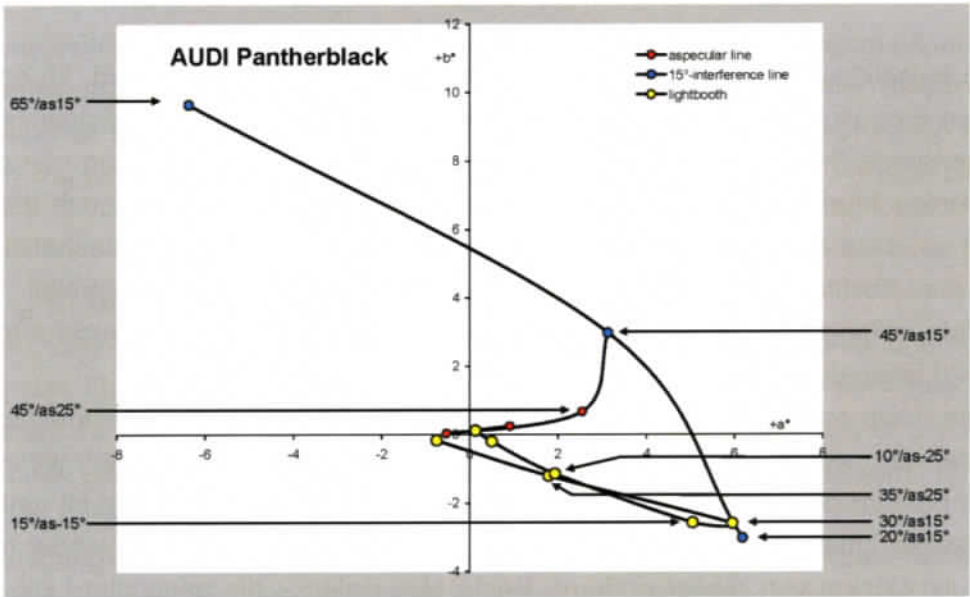
Für das herkömmliche Abmessen in der Lichtkabine gelten die gleichen Aussagen wie für das Abmessen am Fenster: Die Geometrien entsprechen – bis auf die Ausnahme in der Lichtkabine bei einer Beleuchtung von 45° und einer Beobachtung unter 0° – nicht den Geometrien der portablen Messinstrumente. Da Effektpigmente extrem winkelabhängig sind, ist deshalb ein Vergleich der instrumentellen Messung und der visuellen Beurteilung nicht möglich. Beide Methoden sind für die Beurteilung von Effektfarben geeignet, sie bieten allerdings nur ein Teilbild des Effektes.

Nimmt man beispielsweise ein Effektpigment wie das Xirallic Sunbeam Gold, so erkennt man die optischen Eigenschaften in den verschiedenen Messwert-Reihen: Die wichtigste Reihe bildet die sogenannte "interference line". Die Werte ergeben sich bei Änderung von der flachen zur steilen Beleuchtung oder umgekehrt. Bei allen Geometrien ändert sich auch der Beobachtungswinkel so, dass der aspecular-Winkel gleich 15° bleibt. Zur visuellen Nachstellung verändert man die Position des Musterbleches so, dass dieses immer parallel bleibt und (= flache Beleuchtung und flache Beobachtung) nach unten (= steile Beleuchtung und steile Beobachtung) bewegt wird.

Die aspecular-Linie entspricht den Messergebnissen mit den portablen Instrumenten wie dem BYKmac oder dem X-Rite MA94. Und die visuelle Linie zeigt den Farbverlauf, wenn das Musterblech am Fenster oder in der Lichtkabine auf und ab gekippt wird. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass die Linie sich zur interference line hin bewegt, um sich dann wieder mit steigendem aspecular-Winkel von dieser entfernt. Beide Messlinien – die aspecular-Linie der instrumentellen Messung und die der visuellen Abprüfung – zeigen verschiedene Farbwerte. Der Grund liegt in den unterschiedlichen Geometrien beider Methoden. Da die Farben der Effektpigmente von den Geometrien der Beleuchtung und Beobachtung abhängen, ergibt sich keine Übereinstimmung.



Die blaue Interferenzlinie spiegelt die optischen Eigenschaften des Interferenzpigmentes wider. Bei gleichem aspecular-Winkel ändert sich die Beleuchtung von steil nach flach. Die rote aspecular-Linie bildet sich aus den Messwerten der portablen Messinstrumente mit fester Beleuchtung bei 45°. Die Nachstellungen der visuellen Abprüfung verlaufen anders als die aspecular-Linie. Insofern ist kein Vergleich möglich.



Pantherschwarz ist eine Serienfarbe von Audi mit dem Colorstream-Pigment Viola Fantasy. Die Messwerte der Interferenzlinie lassen sich visuell überprüfen, wenn das Musterblech parallel von oben nach unten bewegt wird, so dass sich Beleuchtung und Beobachtung von flach nach steil ändern. Die aspecular-Linie der instrumentellen Messung stimmt auch hier nicht mit der visuellen Abprüfung in der Lichtkabine überein.