

 x·rite PANTONE®

Leitfaden zum
Farbver-
ständnis

Erfolgreicher Farbeinsatz für Unternehmen

Wie wichtig sind Farben für Ihr Unternehmen, oder – konkreter gefragt – wie wichtig ist Farbpräzision? Ziehen Produkte im Verkaufsregal die Aufmerksamkeit des Kunden auf sich? Wirken sie vertrauensvoll? Gewährleisten sie die Wiedererkennung der Marke?



Bei der Beantwortung dieser Fragen spielt Farbe eine entscheidende Rolle. Studien belegen, dass 70 % aller Kaufentscheidungen am Regal getroffen werden und dass sich Kunden eher für eine Verpackung mit „frischeren“, kräftigeren Farben entscheiden und Verpackungen mit verblasst wirkenden Farben außer Acht lassen.

Dieser praktische und informative Leitfaden zum Farbverständnis enthält nützliche Anleitungen. Ganz gleich, ob Sie Neueinsteiger oder Experte in Sachen Farbwissenschaft sind, finden Sie darin nützliche Informationen, um sicherzustellen, dass Farbe bei dem erfolgreichen Verkauf Ihrer Erzeugnisse und der Wiedererkennung ihrer jeweiligen Marken eine positive Rolle spielt – vor allem im „Zero Moment of Truth“, im Moment der Wahrheit bei der Kaufentscheidung.

Der Leitfaden vermittelt Grundlagen zu Farben, erläutert empfohlene Methoden für Farbmessung, -management, -kommunikation und -dokumentation und beschreibt proaktive Ansätze zur Gewährleistung konstanter, zuverlässiger Farben – selbst in äußerst komplexen Workflows und Lieferketten.

Dank der neuesten Fortschritte in den Bereichen Farbmessung und Software ist die Einhaltung von Farbspezifikationen innerhalb zulässiger Toleranzen einfacher als jemals zuvor. Wir hoffen, dass Ihnen dieser Leitfaden beim erfolgreichen Farbeinsatz in Ihrem Unternehmen helfen wird.



Inhaltsverzeichnis

Farbkommunikation	4
Farbwissenschaft	5
Skalen für die Farbmessung	7
Ausdrücken von Farben in Form von Zahlen	11
CIELCH (L*C*h°).....	13
Farbabweichungen, Farbsystem und Farbtoleranzen Delta CIELAB und CIELCH	14
CIE-Farbraum	16
Andere Farbausdrücke	22
Optische Aufheller	23
Farbmessung nach Zahlen	24
Spektralfotometer mit 45°/0°-Geometrie.....	25
Spektralfotometer mit Kugelgeometrie.....	26
Mehrwinkel-Spektralfotometer	27
Anwendungsbereiche	29
Zero Moment of Truth (Moment der Wahrheit)	30
Glossar	31

Comunicando a cor

Schwierigkeiten bei der Kommunikation von Farben sind eine großartige Einleitung für Gespräche über Farbe.

Dieses Beispiel soll die Schwierigkeiten bei der Farbkommunikation veranschaulichen. Wie würden Sie die Farbe dieser Rose beschreiben? Würden Sie sagen, dass sie gelb, irgendwie zitronengelb oder vielleicht kanariengelb ist? Stellen Sie einigen Kollegen diese Frage, und vergleichen Sie die Anmerkungen.



Die Wahrnehmung und Interpretation von Farben sind äußerst subjektiv. Augenmüdigkeit, Alter, Betrachtungsumgebung und andere Faktoren können sich auf die Farbwahrnehmung auswirken.

Doch selbst ungeachtet dieser physischen Aspekte interpretiert jeder Betrachter Farben auf Basis persönlicher Vorlieben. Außerdem hat jeder Mensch eine eigene Farbdefinition von Objekten. Ohne einen bestimmten Standard ist es daher schwierig, anderen eine bestimmte Farbe zu kommunizieren. Außerdem muss es eine Möglichkeit geben, um Farben genau miteinander zu vergleichen.

Die Lösung dieses Rätsels ist ein Messgerät zur genauen Identifizierung der gemessenen Farbe, d. h. ein Gerät, das eine Farbe von allen anderen unterscheiden kann und ihr einen numerischen Wert zuordnet.

4



WICHTIGE ERKENNTNIS

Die Farbwahrnehmung ist äußerst subjektiv und kann durch mehrere physiologische, empirische und umgebungsspezifische Faktoren beeinflusst werden. Ein Messgerät, das einer bestimmten Farbe eine Zahl zuordnet, ist die zuverlässigste Methode für die präzise Farbkommunikation mit anderen.

Farbwissenschaft

In diesem Abschnitt des Leitfadens wird die Farbwissenschaft im Einzelnen erläutert. Wie zu erwarten, ist dieser Teil sehr technisch, doch branchenunabhängig eine gute Referenz für alle, die in den Bereichen Farbspezifikation, -kommunikation, -messung und -management sowie Erstellung von Farbberichten tätig sind.

Farbattribute

Jede Farbe hat eine ganz eigene Wirkung auf Basis von drei Elementen: Farb- bzw. Buntton, Chroma (bzw. Sättigung) und Farbwert (Helligkeit). Durch die Beschreibung von Farben anhand dieser drei Attribute lässt sich eine bestimmte Farbe genau identifizieren und von anderen unterscheiden.

Bunt- bzw. Farbton (*Hue*)

Auf die Frage zur Identifizierung der Farbe eines Objekts spricht man vermutlich zuerst von ihrem Bunt- bzw. Farbton. Einfach ausgedrückt beschreibt der Farbton, wie wir die Farbe eines Objekts wahrnehmen – rot, orange, grün, blau usw. Das Farbrad in Abb. 7 veranschaulicht das Farbkontinuum von einem Farbton zum nächsten. Wie im Farbrad zu erkennen, würde man den Farbton Blaugrün beim Mischen von blauer und grüner Farbe erhalten. Grün beim Mischen von Blau und Gelb, Orange beim Mischen von Rot und Gelb, Gelbgrün bei der Zugabe von Gelb zu Grün usw.

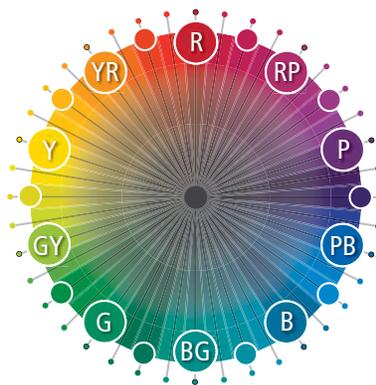


Figure 7. Hue

Sättigung (*Chroma*)

Das Chroma bzw. die Sättigung beschreibt, wie kräftig (satt) oder matt eine Farbe ist – mit anderen Worten, wie nahe die Farbe einem Grauton oder dem reinen Farbton kommt. Denken Sie beispielsweise an das Aussehen von Tomaten oder Radieschen. Das Rot von Tomaten ist kräftig, während das Rot von Radieschen matter wirkt.



Abb. 8 zeigt, wie sich die Sättigung von der Mitte zum äußeren Rand ändert. Farben in der Mitte sind grau (matt) und werden zum äußeren Rand hin immer kräftiger (gesättigter). Chroma wird auch als Sättigung bezeichnet.

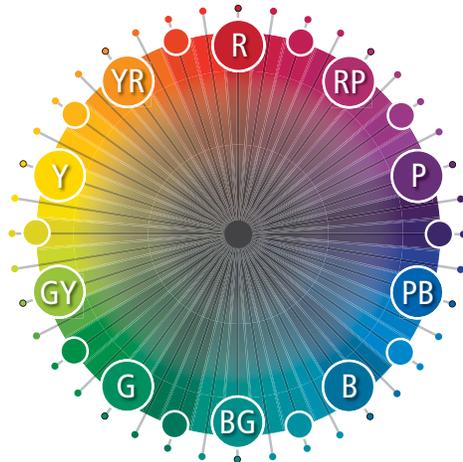


Abb. 8: Chromatizität

Helligkeit (Value)

Die Lichtstärke einer Farbe, d. h. ihr Helligkeitsgrad, wird als Farbwert bezeichnet. Farben lassen sich beim Vergleich ihres Werts als helle oder dunkle Farben klassifizieren.

6

Wenn beispielsweise eine Tomate und ein Radieschen nebeneinander liegen, wirkt das Rot der Tomate weitaus heller. Dagegen hat das Radieschen ein dunkleres Rot. In Abb. 9 ist das Attribut Farbwert bzw. Helligkeit auf der vertikalen Achse dargestellt.

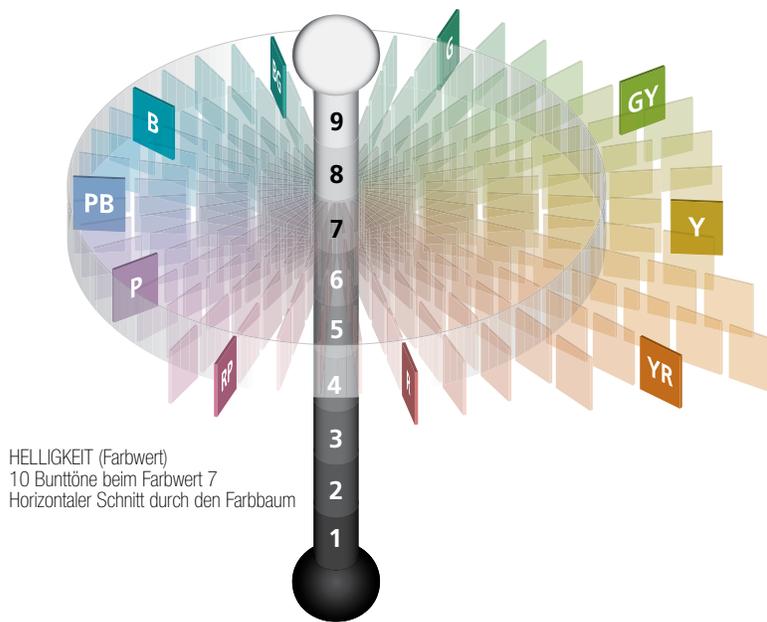


Abb. 9: Dreidimensionales Farbsystem zur Darstellung der Helligkeit

Skalen für die Farbmessung

Wie bereits erwähnt, liegt der Schlüssel für kurze und präzise Farbkommunikation in „Farbe nach Zahlen“. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Methoden beschrieben, nach denen diese „Zahlen“ zur Darstellung einzelner Farben berechnet werden können.

Die Munsell-Skala

1905 entwickelte der Künstler Albert H. Munsell ein Farbordnungssystem bzw. eine Farbskala, die heute noch im Einsatz ist. Aus historischer Sicht ist das Munsell-Farbsystem bedeutsam, weil es auf der menschlichen Wahrnehmung basiert. Zudem wurde es entwickelt, noch bevor Geräte zur Messung und Spezifikation von Farben zur Verfügung standen. Das Munsell-System ordnet den drei Farbattributen Farbton, Chroma (Sättigung) und Farbwert (Helligkeit) numerische Werte zu. Benachbarte Farbmuster stellen gleiche Abstände der visuellen Wahrnehmung dar.

Das Modell in Abb. 10 stellt den Munsell-Farbbaum dar, der physische Muster zur visuellen Farbbeurteilung bzw. -abmusterung bietet.

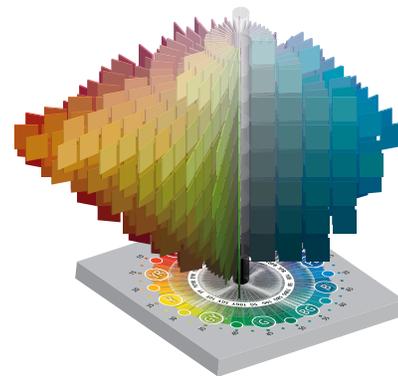


Abb. 10: Munsell-Farbbaum

Farbe setzt voraus, dass drei Dinge vorhanden sind:

- eine Lichtquelle (Lichtart)
- ein Objekt (Muster)
- ein Beobachter/Verarbeiter

Wir Menschen sehen Farbe, weil unsere Augen die Interaktion von Licht beim Auftreffen auf ein Objekt verarbeiten. Was würde passieren, wenn wir unsere Augen durch ein Gerät ersetzen würden? Kann das Gerät die gleichen Farbunterschiede erkennen wie unsere Augen?



CIE-Farbsysteme

Die CIE (Commission Internationale de l'Éclairage; Internationale Beleuchtungskommission) ist das verantwortliche Gremium für internationale Empfehlungen zur Licht- und Farbmessung. 1931 hat die CIE die Farbordnungs- bzw. Farbkennzeichnungssysteme durch die Festlegung der Lichtquelle (oder Lichtarten), des Beobachters und der Methode standardisiert, nach der Werte zur Beschreibung von Farben ermittelt werden – unabhängig von der Branche oder dem Anwendungsbereich.

Die CIE-Farbsysteme verwenden drei Koordinaten zur Positionierung einer Farbe in einem Farbraum. Zu diesen Farbräumen gehören:

- CIE XYZ
- CIE L*a*b*
- CIE L*C*h°

Zur Ermittlung dieser Werte muss man verstehen, wie sie berechnet werden. Wie bereits erwähnt, benötigen unsere Augen drei Dinge zur Farberkennung: eine Lichtquelle, ein Objekt und einen Beobachter/Verarbeiter. Das Gleiche gilt auch für Geräte. Farbmessgeräte nehmen Farben auf die gleiche Weise wie das menschliche Auge wahr, nämlich durch Erfassen und Filtern der Wellenlängen des von einem Objekt reflektierten Lichts. Vom Gerät werden die Wellenlängen des reflektierten Lichts als numerische Werte wahrgenommen. Diese Werte werden als Punkte innerhalb des sichtbaren Spektrums erfasst und als Spektraldaten bezeichnet. Spektraldaten werden in Form einer Spektralkurve dargestellt. Diese Kurve ist der „Fingerabdruck“ einer Farbe (Abb. 11).

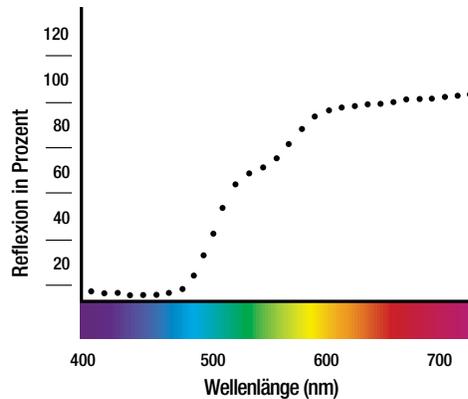


Abb. 11: Spektralkurve von einer gemessenen Probe



Ein Spektralfotometer misst die Spektraldaten, d. h. die Menge an Lichtenergie, die von einem Objekt in mehreren Intervallen entlang des sichtbaren Spektrums reflektiert wird. Die Spektraldaten werden in Form einer Spektralkurve dargestellt.

Auf Basis der Spektral- bzw. spektralen Reflexionskurve einer Farbe lässt sich die Farbe auf mathematischem Weg einem Farbraum zuordnen.

Zu diesem Zweck werden die Daten der Reflexionskurve mit einem CIE-Normlicht multipliziert. Das Normlicht ist eine grafische Darstellung der Lichtquelle, unter der die Muster betrachtet werden. Jede Lichtquelle hat wiederum eine Energieverteilung, die sich auf unsere Farbwahrnehmung auswirkt.

Beispiele für verschiedene Lichtarten:

- A — Glühlampenlicht,
- D65 — Tageslicht (Abb. 12) und
- F2 — Leuchtstofflampenlicht

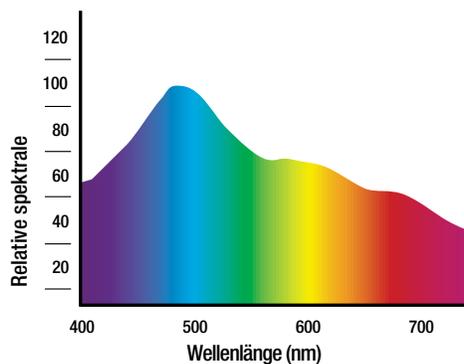


Abb. 12: Tageslicht (Normlichtart D65/10°)

Dann wird das Ergebnis dieser Berechnung mit dem CIE-Normalbeobachter multipliziert.

In den Jahren 1931 und 1964 gab die CIE die Entwicklung des Konzepts für einen Normalbeobachter in Auftrag, das auf der durchschnittlichen menschlichen Reaktion auf Wellenlängen des Lichts basiert (Abb. 13). Kurz gesagt repräsentiert der Normalbeobachter die durchschnittliche Farbwahrnehmung von Menschen im sichtbaren Spektrum.

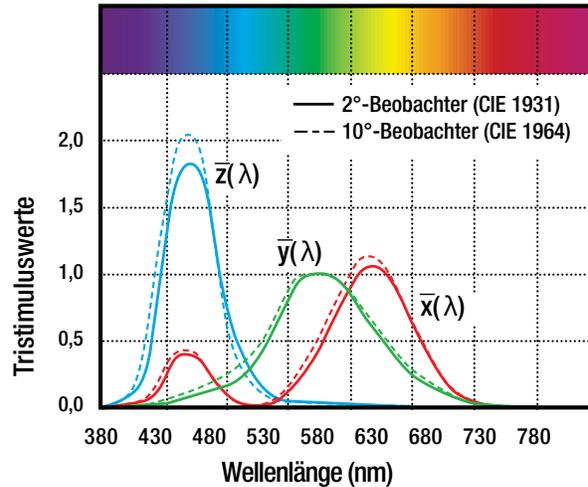


Abb. 13: 2°- und 10°-Normalbeobachter, CIE 1931 und 1964

Nach der Berechnung dieser Werte werden die Daten in die sogenannten Tristimuluswerte XYZ umgewandelt (Abb. 14). Anhand dieser Werte lässt sich eine Farbe nun numerisch identifizieren.

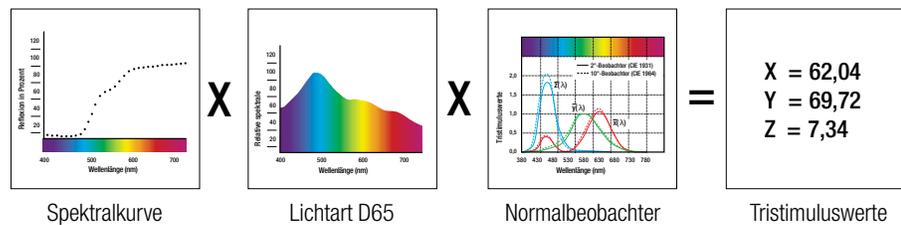


Abb. 14: Tristimuluswerte

Chromatizitätswerte

Leider sind die Tristimuluswerte nur beschränkt als Farbspezifikationen nutzbar, weil sie kaum mit visuellen Attributen korrelieren. Während sich Y auf den Farbwert (Helligkeit) bezieht, korrelieren X und Z nicht mit dem Buntton und der Sättigung.

Daher empfahl die Kommission, die Chromatizitätskoordinaten xyz zu verwenden, als 1931 die Funktion des CIE-Normalbeobachters geschaffen wurde. Diese Koordinaten dienen als Grundlage für das in Abb. 15 dargestellte Chromatizitätsdiagramm. Die Bezeichnung Yxy spezifiziert Farben anhand des Werts (Y) und der im Chromatizitätsdiagramm (x,y) dargestellten Farbe.

Wie in Abb. 16 zu sehen, ist der Bunt- bzw. Farbton durch alle äußeren Punkte im Chromatizitätsdiagramm dargestellt. Chroma bzw. Sättigung ist durch eine Bewegung vom mittleren weißen (neutralen) Bereich nach außen zum äußeren Rand des Diagramms dargestellt, in dem eine Sättigung von 100 % dem reinen Farbton entspricht.

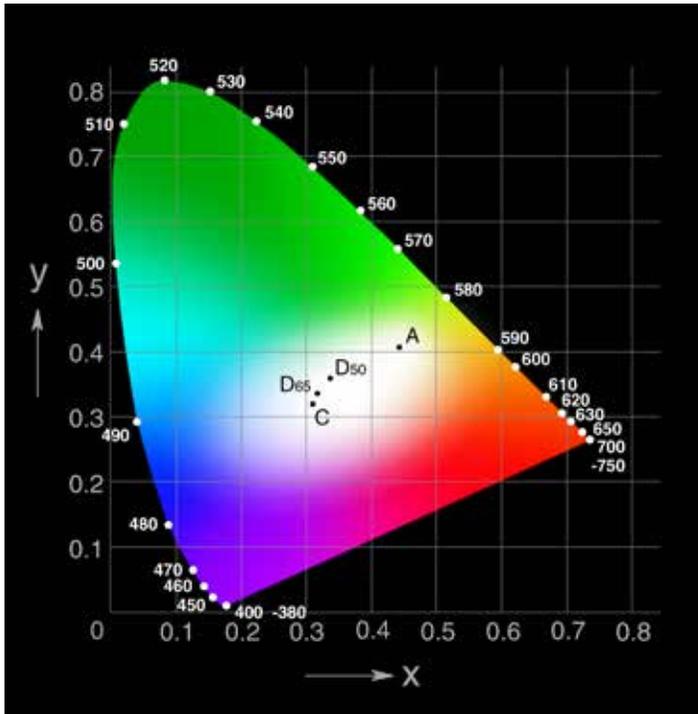


Abb. 15: CIE 1931 (x,y) Chromatizitätsdiagramm

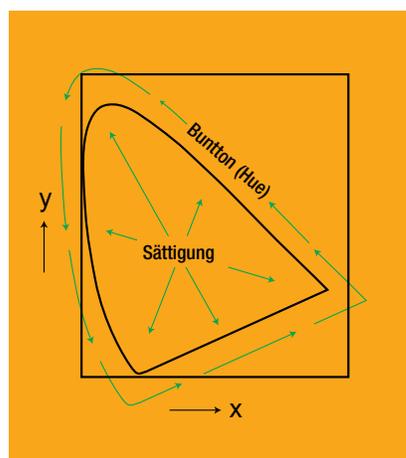


Abb. 16: Chromatizitätsdiagramm

Ausdrücken von Farben in Form von Zahlen

Zur Überwindung der Beschränkungen von Chromatizitätsdiagrammen wie Yxy empfahl die CIE zwei andere einheitliche Farbskalen: CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) oder CIELAB und CIELCH ($L^*C^*h^\circ$).

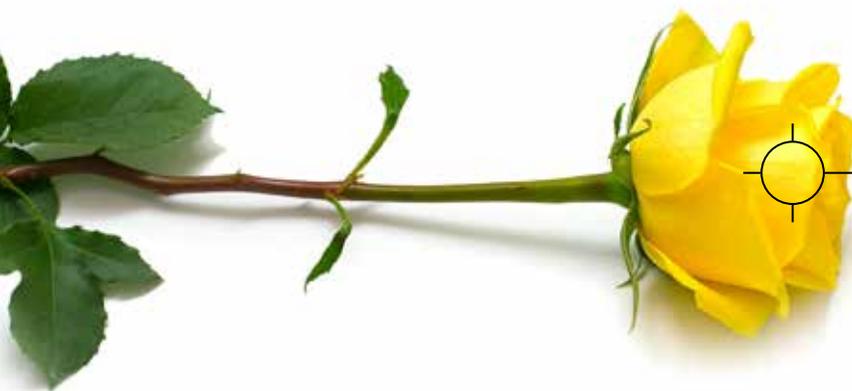
Diese beiden Farbskalen basieren auf der Komplementärfarbtheorie, wonach zwei Farben nicht gleichzeitig grün und rot oder blau und gelb sein können. Demzufolge können einzelne Werte zur Beschreibung der Rot/Grün- und Gelb/Blau-Attribute verwendet werden.

CIELAB ($L^*a^*b^*$)

Wird eine Farbe in CIELAB ausgedrückt, definiert L^* die Helligkeit, symbolisiert a^* den Rot/Grün-Wert und b^* den Gelb/Blau-Wert.

In den Abbildungen 17 und 18 (auf der nächsten Seite) sind die Farbdigramme für $L^*a^*b^*$ dargestellt. Die a^* -Achse verläuft von links nach rechts. Eine Bewegung bei der Farbmessung in die $+a^*$ -Richtung veranschaulicht eine Verschiebung hin zu Rot. Entlang der b^* -Achse stellt die $+b^*$ -Bewegung eine Verschiebung hin zu Gelb dar. Die Mittelachse L^* zeigt unten $L = 0$ (schwarz oder vollständige Absorption). Neutral oder Grau befindet sich in der Mitte dieser Ebene.

Zur Veranschaulichung, wie die $L^*a^*b^*$ -Werte die speziellen Farben der Blumen A und B darstellen, haben wir die zugehörigen Werte in Abb. 17 im CIELAB-Farbdigramm eingezeichnet.



Blume A:

$L^* = 52,99$ $a^* = 8,88$ $b^* = 54,53$

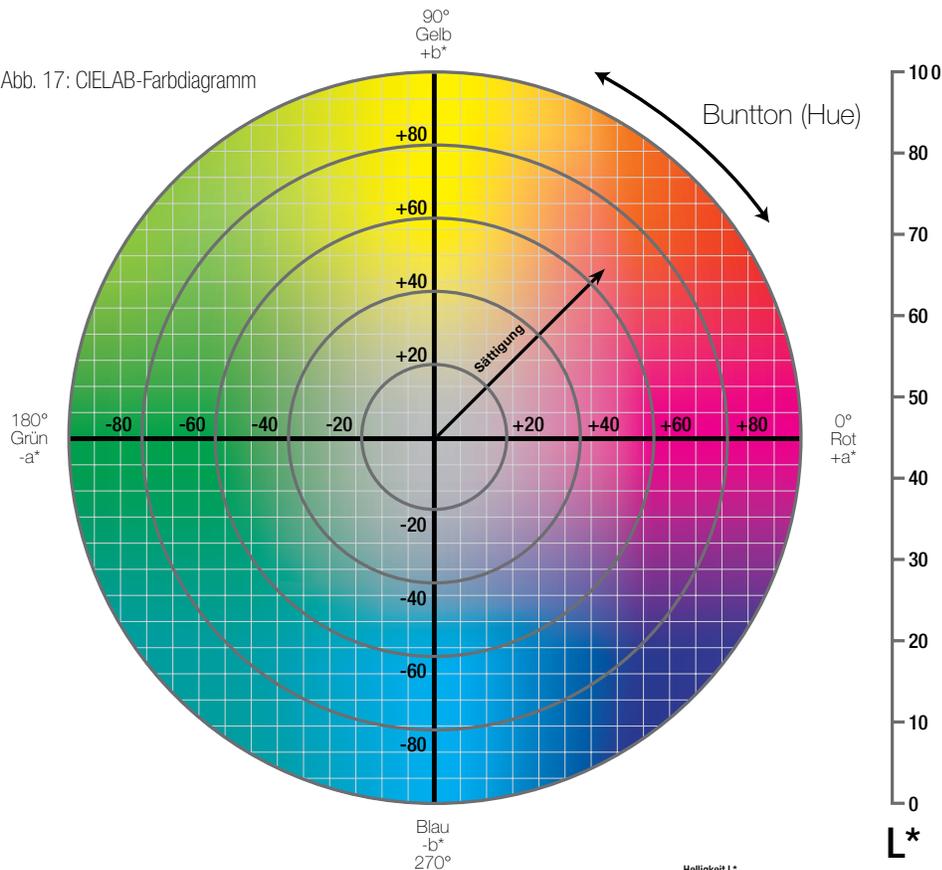


Blume B:

$L^* = 29,00$ $a^* = 52,48$ $b^* = 22,23$

Die Werte a^* und b^* für Blumen A und B überschneiden sich in den Farbräumen an den mit A bzw. B gekennzeichneten Punkten (s. Abb. 17). Diese Punkte geben den Buntton und die Sättigung (kräftig/matt) jeder Blume an. Bei Addition ihrer L^* -Werte (Helligkeitsgrad) in Abb. 18 erhält man die endgültige Farbe jeder Blume.

Abb. 17: CIELAB-Farbdigramm



CIE-Farbraum – Kürzel

- ΔL^* - Abweichung bei der Helligkeit „+“ = heller „-“ = dunkler
 - Δa^* - Abweichung auf der Rot/Grün-Achse „+“ = rötler „-“ = grüner
 - Δb^* - Abweichung auf der Gelb/Blau-Achse „+“ = gelber „-“ = blauer
 - ΔC^* - Abweichung bei der Sättigung „+“ = intensiver „-“ = matter
 - ΔH^* - Abweichung beim Buntton
 - ΔE^* - Gesamtfarabstand
 - ΔE_{CMC} - zulässiger Gesamtfarabstand
- ΔEH 1942 • ΔE*ab 1976 • ΔECMC 1984 • ΔE94 1992 • ΔE00 2000

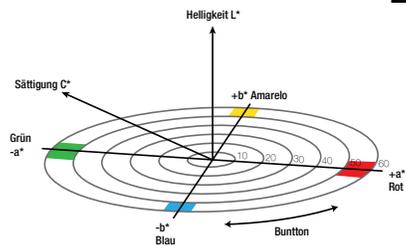


Abb. 18: Der L^* -Wert ist auf der Mittelachse dargestellt. a^* - und b^* -Achsen

CIELCH (L*C*h°)

Während CIELAB kartesische Koordinaten zur Berechnung einer Farbe im Farbraum verwendet, arbeitet CIELCH mit Polarkoordinaten. Dieser Farbausdruck lässt sich aus CIELAB ableiten. L* definiert die Helligkeit, C* gibt die Sättigung an, und h° bezeichnet den Farbtonwinkel, eine Winkelmessung.

Der Ausdruck L*C*h° bietet einen Vorteil gegenüber CIELAB, insofern als er sich leicht zu den früheren Systemen in Bezug setzen lässt, die auf physischen Proben, wie der Munsell-Farbskala, basieren.

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$h^\circ = \text{Arkustangens } (b^*/a^*)$$

X_n, Y_n, Z_n sind Werte für ein Referenzweiß für die verwendete Lichtart bzw. Lichtquelle/den verwendeten Beobachter.



L* = 116 (Y/Y_n) C* (a² + b²)^{1/2} h° Arkustangens (b*/a*)

Farbabstände, -bezeichnungen und -toleranzen – Delta CIELAB und CIELCH

Die Beurteilung von Farben ist mehr als nur ein numerischer Ausdruck. In der Regel handelt es sich dabei um eine Beurteilung des Farbabstands (Delta) von einem bekannten Standard. CIELAB und CIELCH dienen zum Vergleichen der Farben von zwei Objekten.

Die Ausdrücke für diese Farbabstände lauten ΔL^* Δa^* Δb^* oder DL^* Da^* Db^* und ΔL^* ΔC^* ΔH^* oder DL^* DC^* DH^* (Δ (wobei D das „Delta“, also die Differenz symbolisiert).

Bei Angabe von ΔL^* Δa^* Δb^* kann die Gesamtdifferenz bzw. der Gesamtabstand im CIELAB-Diagramm in Form eines einzelnen Wertes, des sogenannten ΔE^* , angegeben werden.

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)]^{1/2}$$

Lassen Sie uns die Farbe von Blume A mit der auf der nächsten Seite abgebildeten Farbe von Blume C vergleichen. Für sich genommen würde jede Blume als gelbe Rose klassifiziert. Doch wie ist ihr Verhältnis, wenn sie nebeneinander liegen? Inwiefern unterscheiden sich die Farben?

Auf Basis der Gleichung für ΔL^* Δa^* Δb^* lässt sich der Farbabstand zwischen Blume A und Blume C wie folgt ausdrücken:

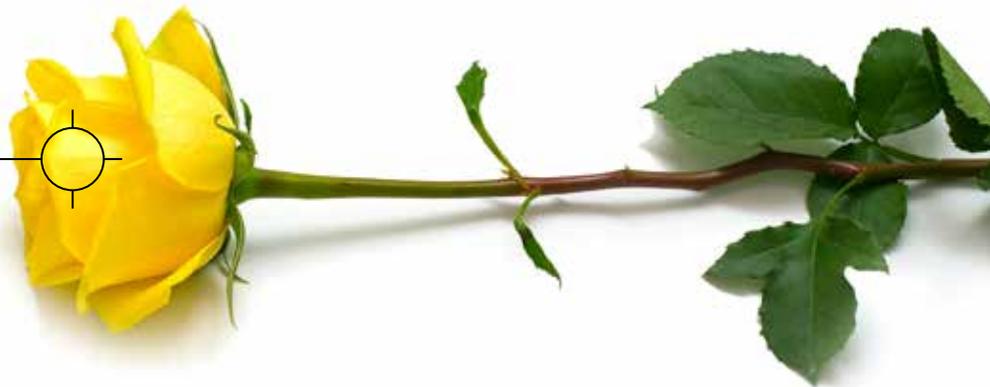
$$\Delta L^* = +11,10$$

$$\Delta a^* = -6,10$$

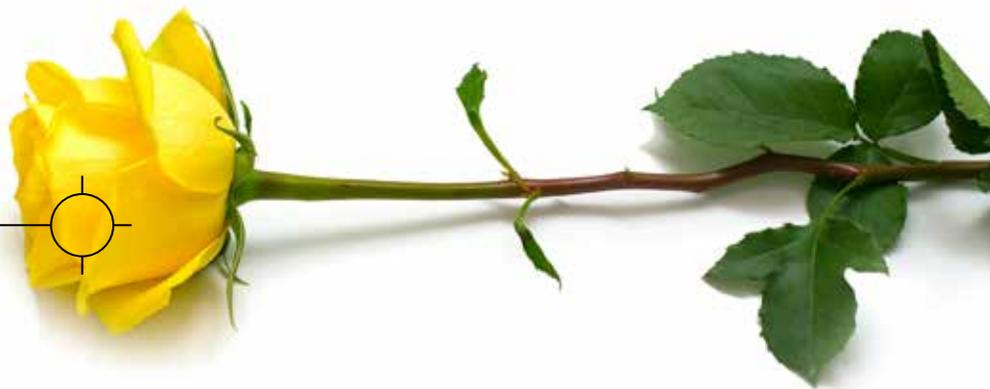
$$\Delta b^* = -5,25$$

Demzufolge beträgt der Gesamtfarbabstand $\Delta E^*=13,71$.

Blume A:
 $L^* = 52,99$ $a^* = 8,882$ $b^* = 54,53$



Blume C:
 $L^* = 64,09$ $a^* = 2,72$ $b^* = 49,28$



$$\begin{aligned}\Delta L^* &= +11,10, \Delta a^* = -6,10, \Delta b^* = -5,25 \\ \Delta E^*_{ab} &= [(+11,1)^2 + (-6,1)^2 + (-5,25)^2]^{1/2} \\ \Delta E^*_{ab} &= 13,71\end{aligned}$$

Die Werte für Blumen A und C sind oben angegeben. Ein Wert von $-6,10$ auf der a^* -Achse bedeutet grüner oder weniger rot. Ein Wert von $-5,25$ auf der b^* -Achse bedeutet blauer oder weniger gelb. Die Messdifferenz von $+11,10$ in der L^* -Ebene zeigt, dass Blume C heller als Blume A ist.

Wenn man die gleichen Blumen nach CIELCH miteinander vergleichen würde, dann würden die Farbabstände wie folgt ausgedrückt:

$$\begin{aligned}\Delta L^* &= +11,10 \\ \Delta C^* &= -5,88 \\ \Delta H^* &= 5,49\end{aligned}$$

Unter erneuter Bezugnahme auf die oben abgebildeten Blumen bedeutet der ΔC^* -Wert von $-5,88$, dass Blume C weniger chromatisch bzw. weniger gesättigt ist. Der ΔH^* -Wert von $5,49$ bedeutet, dass Blume C einen grüneren Buntton als Blume A hat. Die Werte L^* und ΔL^* sind bei CIELCH und CIELAB identisch.

CIE-Farbraum – Kürzel

ΔL^* = Abweichung beim Helligkeitswert
+ = heller – = dunkler
 Δa^* = Abweichung auf der Rot/Grün-Achse
+ = röter – = grüner
 Δb^* = Abweichung auf der Gelb/Blau-Achse
+ = gelber – = blauer
 ΔC^* = Abweichung bei der Sättigung
+ = heller – = matter
 ΔH^* = Abweichung beim Buntton
 ΔE^* = Gesamtfarbabstand

Siehe Abb. 17 oben.

Farbmusterung und Farbtoleranzen

Faktoren wie schlechtes Farbgedächtnis, Augenmüdigkeit, Farbenblindheit und Betrachtungsbedingungen können sich auf die Fähigkeit des menschlichen Auges zur Erkennung von Farbunterschieden auswirken. Abgesehen davon kann das Auge Abweichungen bzw. Unterschiede bei Farb- bzw. Buntton (Rot, Gelb, Grün, Blau usw.), Chroma (Sättigung) oder Helligkeit nicht gleich gut erkennen. Tatsächlich nimmt der Normalbeobachter Farbtonunterschiede zuerst, Abweichungen bei der Sättigung als zweites und Helligkeitsunterschiede zuletzt wahr. Am besten lässt sich die visuelle Akzeptanz durch ein Ellipsoid (Abb. 19) darstellen.

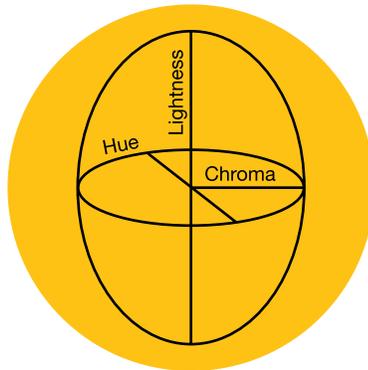


Abb. 19: Toleranzellipsoid

Demzufolge besteht unsere Toleranz für eine akzeptable farbliche Übereinstimmung aus einer dreidimensionalen Begrenzung mit variierenden Grenzwerten für Helligkeit, Farbton und Sättigung und muss mit der visuellen Beurteilung übereinstimmen. CIELAB und CIELCH können zur Erstellung dieser Begrenzungen verwendet werden. Zusätzliche Toleranzformeln, wie CMC und CIE94, ergeben Toleranzellipsoide.

CIELAB Toleranzen

Bei der Ermittlung von Toleranzen mit CIELAB muss man einen Differenzgrenzwert für ΔL^* (Helligkeit), Δa^* (rot/grün) und Δb^* (gelb/blau) wählen. Diese Grenzwerte erzeugen einen rechteckigen Toleranzrahmen um den Standard (Abb. 20).

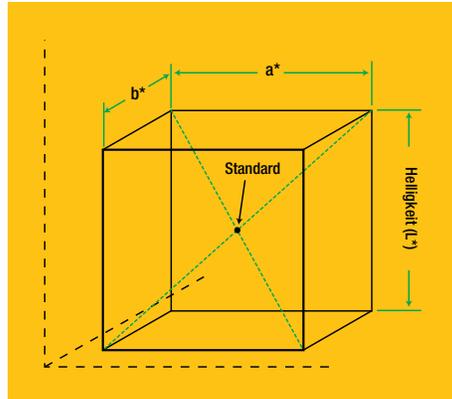


Abb. 20: CIELAB Toleranzrahmen

Beim Vergleich dieses Toleranzrahmens mit dem visuell akzeptierten Ellipsoid treten einige Probleme auf. Ein Toleranzrahmen um das Ellipsoid kann zu positiven Zahlenwerten für inakzeptable Farben führen. Wenn der Toleranzrahmen so klein gehalten wird, dass er in das Ellipsoid passt, können sich negative Zahlenwerte für visuell akzeptable Farben ergeben (Abb. 21).

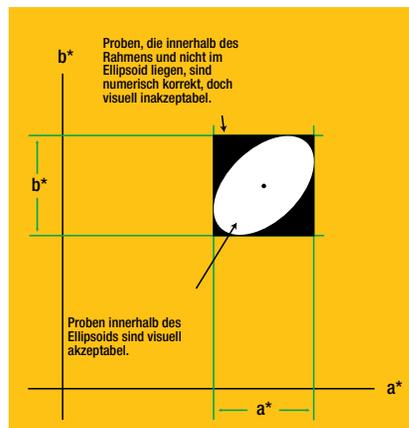


Abb. 21: Numerisch korrekt gegenüber visuell akzeptabel

CIELCH-Toleranzen

Anwender des CIELCH-Farbraums müssen einen Differenzgrenzwert für ΔL^* (Helligkeit), ΔC^* (Sättigung) und ΔH^* (Buntton) wählen. Dadurch entsteht ein keilförmiger Rahmen um den Standard. Da CIELCH ein Polarkoordinatensystem ist, lässt sich der Toleranzrahmen in Ausrichtung zum Farbtonwinkel drehen (Abb. 22).

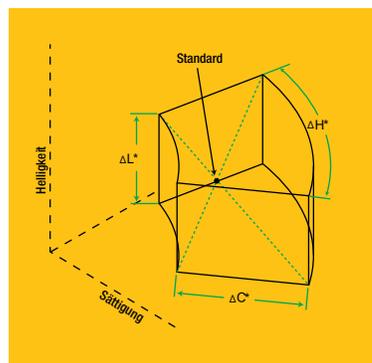


Abb. 22: CIELCH-Toleranzkeil

Wenn man diese Toleranz mit dem Ellipsoid vergleicht, erkennt man, dass sie eher der menschlichen Wahrnehmung entspricht. Dadurch verringert sich die Nichtübereinstimmung zwischen dem Beobachter und den Gerätewerten (Abb. 23).

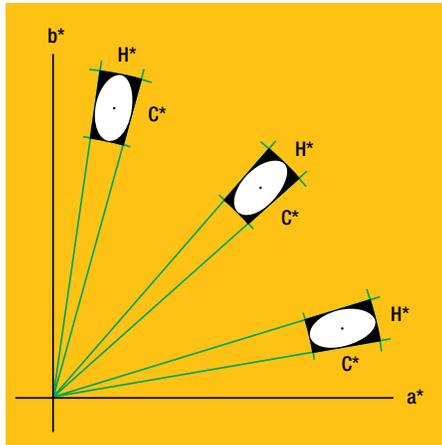


Abb. 23: CIELCH-Toleranzellipsoide

CMC-Toleranzen

CMC ist kein Farbraum, sondern ein Toleranzraum – ein System, bei dem der noch tolerierbare Farbabstand ermittelt wird. CMC-Toleranzen basieren auf CIELCH und bieten eine bessere Übereinstimmung zwischen der visuellen Beurteilung und dem gemessenen Farbabstand. Die CMC-Farbabstandsformel wurde vom *Colour Measurement Committee* der Society of Dyers and Colourists in Großbritannien entwickelt und 1988 veröffentlicht.

Die CMC-Berechnung definiert ein Ellipsoid um die Standardfarbe, wobei die Halbachse Farb- bzw. Buntton, Sättigung und Helligkeit entspricht. Das Ellipsoid stellt die akzeptable Farbmenge dar. Seine Größe und Form ändern sich automatisch je nach der Position der Farbe im Farbraum.

Abb. 24 zeigt, wie sich das Ellipsoid im Farbraum verändert. Die Ellipsoide im orangefarbenen Bereich des Farbraums sind länger und schmäler als die breiteren und runderen Ellipsoide im grünen Bereich. Die Größe und Form der Ellipsoide ändern sich auch je nach Sättigung und/oder Helligkeit der Farbe.

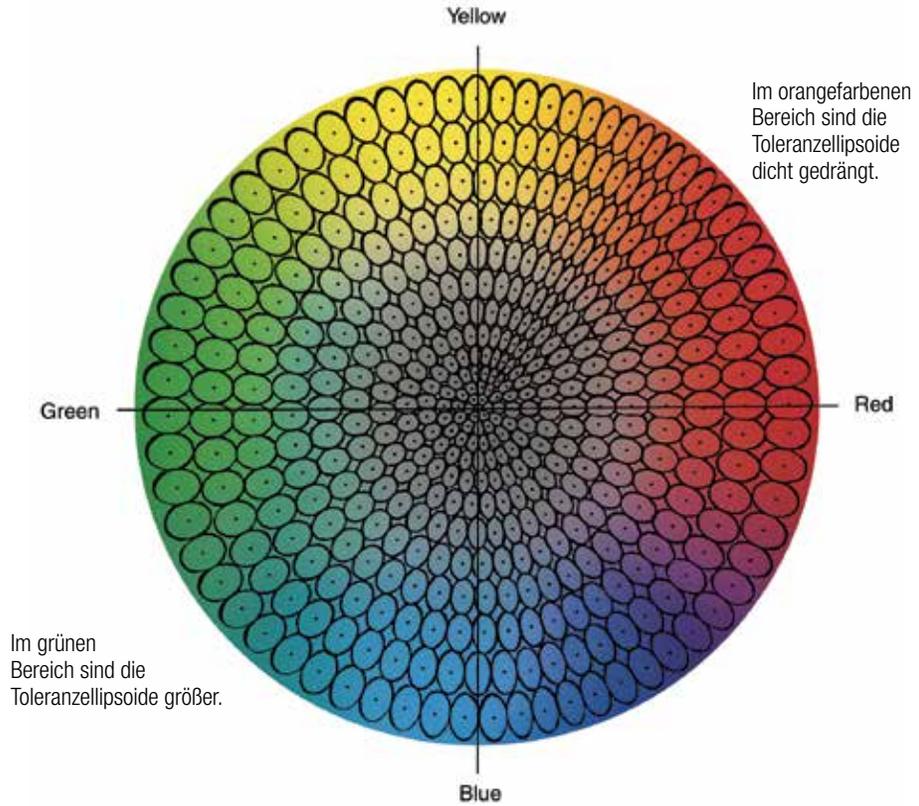


Abb. 24: Toleranzellipsoide im Farbraum

Mithilfe der CMC-Gleichung lässt sich die gesamte Größe des Ellipsoids besser darauf abstimmen, was visuell akzeptabel ist. Durch Änderung des kommerziellen Faktors (kurz *cf* aus dem Englischen *commercial factor*) lässt sich das Ellipsoid nach Bedarf so vergrößern oder verkleinern, dass es der visuellen Akzeptanz entspricht. Der *cf*-Wert ist die Toleranz. Wenn also $cf=1,0$ ist, dann wäre ein ΔE CMC-Wert von kleiner als 1,0 akzeptabel, doch von größer als 1,0 inakzeptabel (s. Abb. 25).

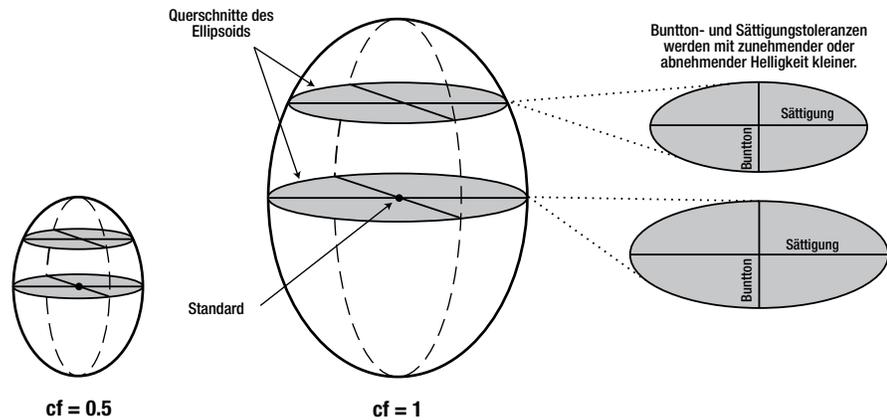


Abb. 25: Kommerzielle Toleranzfaktoren (*cf*)

Da größere Helligkeitsunterschiede (l) für das Auge im Allgemeinen eher akzeptabel sind als Unterschiede bei der Sättigung (c), wird 2:1 als Standardverhältnis für $l:c$ angesehen. Ein Verhältnis von 2:1 lässt einen zweimal so großen Unterschied bei der Helligkeit im Vergleich zur Sättigung zu. Auf Basis der CMC-Gleichung lässt sich dieses Verhältnis anpassen, um die visuelle Akzeptanz zu verbessern (s. Abb. 26).

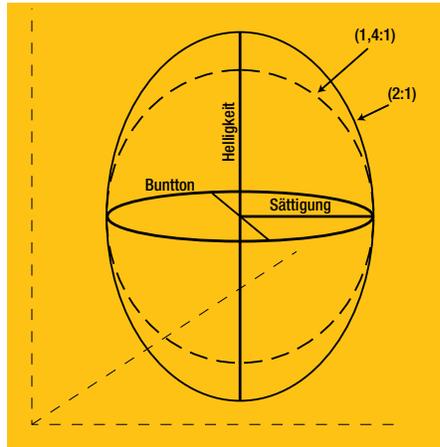


Abb. 26: CMC-Toleranzellipsoide

CIE94-Toleranzen

1994 führte die CIE eine neue Toleranzmethode namens CIE94 ein. Wie bei CMC erzeugt die CIE94-Toleranzmethode ein Ellipsoid. Dabei kann der Anwender das Verhältnis zwischen Helligkeit (kL) und Sättigung (Kc) sowie den kommerziellen Faktor (cf) steuern. Diese Einstellungen wirken sich auf die Größe und Form des Ellipsoids aus – ähnlich, wie sich die Einstellungen $l:c$ und cf beim CMC-Verfahren auswirken.

Doch während CMC für den Einsatz in der Textilindustrie gedacht ist, ist CIE94 für den Einsatz in der Farben- und Lackindustrie vorgesehen. Sie sollten die Art der zu messenden Oberfläche bei der Auswahl dieser beiden Toleranzmethoden berücksichtigen.

Ist die Oberfläche strukturiert oder unregelmäßig, ist CMC vermutlich am besten geeignet. Ist die Oberfläche glatt und regelmäßig, ist CIE94 vermutlich optimal.

Delta E 2000

Delta E 2000 ist die jüngste Nachfolgeformel der Delta E-Gleichung seit CIE94 (bzw. $dE94$). Im Unterschied zur Formel $dE94$, bei der davon ausgegangen wird, dass L^* die wahrgenommenen Helligkeitsunterschiede korrekt widerspiegelt, variiert $dE2000$ die Gewichtung von L^* abhängig vom Helligkeitsbereich, in den die Farbe fällt. $dE2000$ erfreut sich zunehmender Beliebtheit in grafischen Anwendungen und wird $dE94$ in nicht allzu ferner Zukunft generell ersetzen.

Visuelle Farbabmusterung gegenüber gerätegestützter Farbabmusterung

Obwohl kein Farbtoleranzsystem perfekt ist, stellen die Formeln CMC, CIE94 und jetzt auch $dE2000$ die vom menschlichen Auge wahrgenommenen Farbabstände am besten dar.

Toleranzmethode	% Übereinstimmung mit visueller Wahrnehmung
CIELAB	75%
CIELCH	85%
CMC oder CIE 94	95%

Auswahl der richtigen Toleranzmethode

Bei der Entscheidung über die zur Berechnung des Farbabstands anzuwendende Methode sollten Sie die folgenden fünf Regeln beachten:

1. Entscheiden Sie sich für eine einheitlich anzuwendende Berechnungsmethode.
2. Geben Sie immer genau an, wie die Berechnungen vorgenommen werden.
3. Versuchen Sie nie, die nach unterschiedlichen Gleichungen berechneten Farbabstände durch die Verwendung von Durchschnittsfaktoren umzurechnen.
4. Verwenden Sie berechnete Farbabstände nur als erste Näherungswerte bei Toleranzeinstellungen, bis sie durch die visuelle Farbabmusterung bestätigt werden können.
5. Denken Sie stets daran, dass Farben nicht aufgrund von Zahlen akzeptiert oder abgelehnt werden. Es kommt auf ihre Wirkung an, insbesondere bei der Kaufentscheidung des Kunden am Verkaufsregal oder im Showroom.

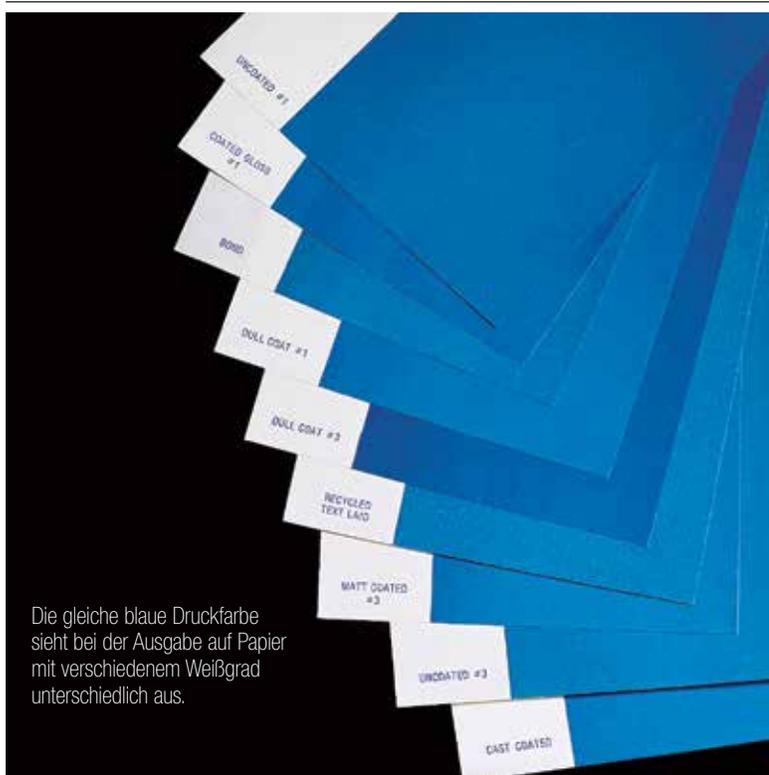
Andere Farbausdrücke

Weiß- und Gelbindex

In bestimmten Branchen, wie der Farben-, Textil- und Papierindustrie, werden Materialien und Produkte auf Basis von Weistandards bewertet. In der Regel ist dieser Weiindex ein Maßstab dafür, wie weiß ein Material – ob Foto- und Druckpapier oder ein Kunststoff – sein sollte.

Manchmal möchten Hersteller den Gelbstich oder Farbton eines Materials beurteilen, um zu ermitteln, wie stark die Farbe des betreffenden Objekts von einem bevorzugten Weiß hin zu einem bläulichen Farbton abweicht.

Der Effekt des Weiß- oder Gelbgrads kann erheblich sein, beispielsweise beim Druck von Farben auf Papier. Blaue Druckfarbe auf hochwertigem weißem Papier sieht anders aus als die gleiche Farbe beim Druck auf Zeitungspapier oder anderes minderwertiges Papier.



Weiß- und Gelbgrad-Indizes sind nach den ASTM (*American Standards Test Methods*) definiert. Der Weißgrad-Index E313 dient zur Messung von fast weißen, opaken Materialien, wie Papier, Farben und Kunststoffen. Tatsächlich kann dieser Index für alle Materialien verwendet werden, die weiß aussehen.

Mit dem Gelbgrad-Index E313 nach ASTM soll ermittelt werden, wie stark die Farbe einer Probe von idealem Weiß abweicht. Der Gelbgrad-Index D1925 kommt bei der Messung von Kunststoffen zum Einsatz.

Optische Aufheller

In zunehmendem Maße kommen optische Aufheller (kurz OBA aus dem Englischen *Optical Brightening Agents*), auch fluoreszierende Weißmacher genannt, zum Einsatz, um einen „Weißer als Weiß“-Effekt auf verschiedensten Materialien zu erzeugen. Die Zugabe von optischen Aufhellern, durch die Produkte heller und weißer aussehen, soll dem Vergilben entgegenwirken, das bei weißen Produkten im Laufe der Zeit auftreten kann.

Die Zugabe von Aufhellern führt jedoch zu einer völlig anderen Farbwahrnehmung und auch dazu, dass sich Farben nach herkömmlichen Methoden nicht mehr genau messen lassen.

Doch unter einer UV-Lichtquelle, wie beispielsweise „Schwarzlicht“, lassen sich Farbunterschiede in Produkten mit einem unterschiedlichen Gehalt an optischen Aufhellern ganz deutlich erkennen. Produkte mit einem höheren Anteil an optischen Aufhellern sehen heller und Produkte mit einem geringeren Anteil dunkler aus. Die Herausforderung besteht darin, dass eine konstante UV-Lichtmenge notwendig ist, um den OBA-Gehalt in einem bestimmten Produkt quantifizieren zu können. Das bedeutet, dass die Farbunterschiede möglicherweise nicht zu erkennen sind, wenn kein oder nur wenig UV-Licht vorhanden ist. Doch wenn UV-Licht vorhanden ist, werden die Farbunterschiede sichtbar. Materialien und Textilien, die optische Aufheller enthalten, mögen zwar bei der Produktion ähnlich aussehen, wirken jedoch unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen, wie in einem Einzelhandelsgeschäft, bei Tageslicht oder bei Haushaltsbeleuchtung, ganz anders.

Die einzige Möglichkeit zur Gewährleistung der Farbkonzanz bei Produkten mit optischen Aufhellern besteht in der Verwendung von Tools, mit denen sich der OBA-Gehalt genau messen lässt. Zu diesem Zweck hat X-Rite Pantone seine Tischspektralfotometer mit Kugelgeometrie und tragbaren Spektralfotometer, einschließlich der Tischspektralfotometer Ci7800/Ci7600 und des tragbaren Spektralfotometers Ci64UV, mit einer kalibrierten UV-Beleuchtung ausgestattet. Diese Geräte bieten kalibriertes UV-Licht, das die Messung von optischen Aufhellern ermöglicht. Objekte mit optischen Aufhellern können auch mittels Sichtprüfung unter kontrollierten

UV-Beleuchtungsbedingungen, wie u. a. in der Abmusterungskabine X-Rite SpectraLight QC, abgemustert werden.

CxF3

2015 hat der für die Festlegung globaler Standards für die grafische Industrie zuständige ISO-Normenausschuss TC130 das CxF3-Format (Color Exchange Format Version 3) von X-Rite als neuen Standard für den Austausch und die Prüfung von Farbdaten eingeführt. Durch diese Norm (ISO 17972-1:2015) verfügt die grafische Industrie über eine präzise und effiziente Methode zur Kommunikation von Farbdaten in jeder Lieferkette.

Da das CxF3-Format vollständig offen definiert ist, lassen sich alle Aspekte einer Farbe kommunizieren, selbst wenn die Anwendung und die erforderlichen Funktionen für die Farbkommunikation unbekannt sind. Dadurch kann jeder Softwareanbieter, der CxF3 implementiert und unterstützt, Farbdaten problemlos und präzise innerhalb von globalen Workflows austauschen.



Farbmessung nach Zahlen

Die gängigsten Geräte für die Farbmessung sind Spektralfotometer. In einigen Anwendungsbereichen kommen auch Kolorimeter zum Einsatz, die weiter unten in diesem Leitfaden erläutert werden. Beachten Sie bitte auch das Glossar, wenn Sie bei der Lektüre dieses Leitfadens auf (Fach-) Begriffe stoßen, die Ihnen nicht bekannt sind.

Für Druck-, Verpackungs- und industrielle Anwendungen kommen heute drei verschiedene Arten von Spektralfotometern zum Einsatz: herkömmliche Spektralfotometer mit $0^\circ/45^\circ$ - (oder $45^\circ/0^\circ$ -) Geometrie, Spektralfotometer mit Kugelgeometrie (oder $d/8^\circ$ -Geometrie) und Mehrwinkel-Spektralfotometer.

In erster Linie dienen diese Geräte zur Erfassung bzw. Messung von Farbdaten, können manchmal jedoch auch Daten zur Wirkung, wie Glanz, messen. Sie können davon ausgehen, dass zukünftige Geräte sowohl Farbe als auch Wirkung genau messen können und so einen umfassenderen Datensatz zur Beschreibung des gemessenen Objekts oder Materials bereitstellen. Lassen Sie uns zuerst die Bedeutung der einzelnen Fachbegriffe erklären.

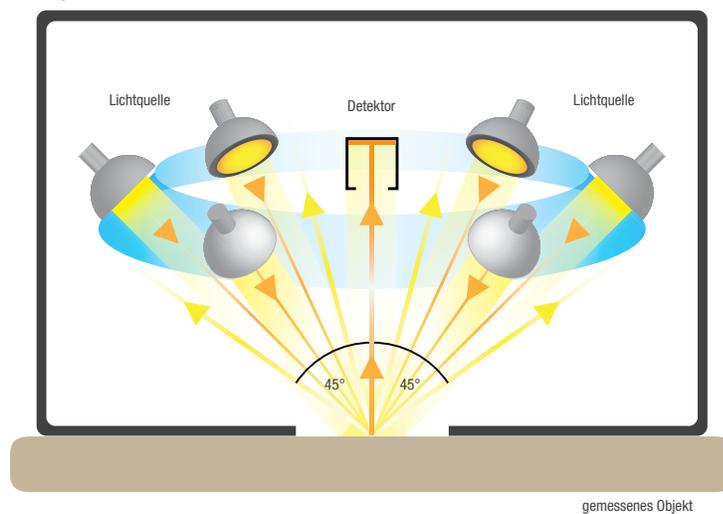
Spektralfotometer mit 45°/0°-Geometrie

Bei Spektralfotometern mit 45°/0°-Geometrie bezieht sich die erste Zahl auf den Beleuchtungswinkel und die zweite Zahl auf den Betrachtungswinkel. (Dies gilt unabhängig von der Geometrie des Geräts – die erste Zahl legt immer die Beleuchtung, die zweite Zahl immer die Betrachtung fest.) Bei einem Spektralfotometer mit 45°/0°-Geometrie wie dem X-Rite VS450 wird die Probe in einem Winkel von 45° von der Senkrechten der zu messenden Probe beleuchtet, wobei der Detektor das reflektierte Licht in einem Winkel von 0° oder senkrecht zur Oberfläche des Objekts empfängt.



VS450-Spektralfotometer mit 45°/0°-Geometrie

Spektralfotometer mit 45°/0°-Geometrie



Zugehörige Geometrie bei Spektralfotometern mit 45°/0°-Geometrie

Spektralfotometer mit Kugelgeometrie

Bei einem Spektralfotometer mit Kugelgeometrie (oder $d/8^\circ$ -Geometrie), wie dem X-Rite Ci64, wird das Objekt diffus bzw. aus allen Richtungen beleuchtet, wobei der Detektor das reflektierte Licht in einem Winkel von 8° von der Oberfläche des Messobjekts empfängt. Man spricht von „Kugelgeometrie“, weil diese Geräte über eine Kugel zur diffusen Beleuchtung verfügen.



Spektralfotometer Ci64 von X-Rite mit Kugelgeometrie

Bei einem Spektralfotometer mit Kugelgeometrie ist die Innenseite der Kugel mit einer stark reflektierenden, leicht glänzenden, mattweißen Substanz zur Projizierung und diffusen Streuung des Lichts beschichtet, wodurch sie ein nahezu perfekter weißer Reflektor ist. Wenn der Lichtstrahl auf einen Punkt der Kugeloberfläche trifft, wird mehr als 99 % des Lichts reflektiert. Gleichzeitig sorgt die matte Oberflächenbehandlung der Kugel dafür, dass das Licht willkürlich in alle Richtungen gestreut wird. Das geschieht an allen Punkten auf der Oberfläche und erweckt tatsächlich den Anschein, als ob das Licht im Inneren der Kugel aus allen Richtungen gleichzeitig kommt: So wird der Innenraum der Kugel zur Lichtquelle. Abb. 5 zeigt die Geometrie bei Spektralfotometern mit Kugelgeometrie.

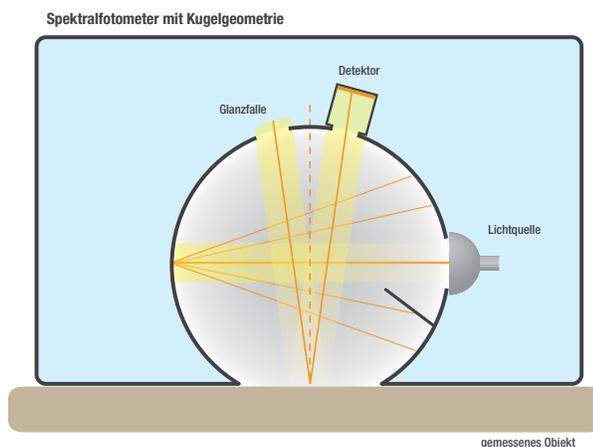


Abb. 5: Diffuse Geometrie bei Spektralfotometern mit Kugelgeometrie ($d/8^\circ$ -Geometrie)

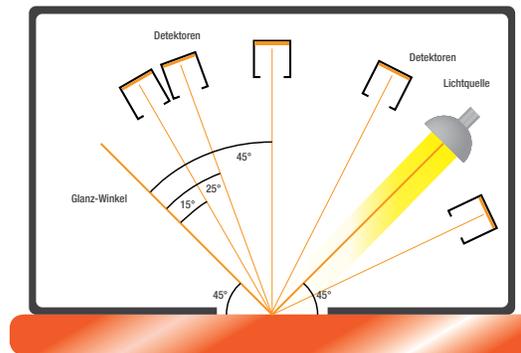


WICHTIGE ERKENNTNIS

Spektralfotometer werden in drei Varianten angeboten: Mehrwinkel-Spektralfotometer, Spektralfotometer mit $45^\circ/0^\circ$ -Geometrie und Spektralfotometer mit Kugelgeometrie. Jeder Gerätetyp soll bestimmten Messanforderungen gerecht werden.

Mehrwinkel-Spektralfotometer

Mehrwinkel-Spektralfotometer eignen sich am besten für Farbmessungen auf Oberflächen mit Spezialeffekten, wie Fahrzeuglackierungen, Metallic- oder Perlglanz-Farben oder -Beschichtungen und Kosmetika. In der Regel kommen diese Geräte im Labor, in der Fertigungsstraße und im Versandbereich zum Einsatz. Mehrwinkel-Spektralfotometer, wie das X-Rite MA98, sind recht komplex und setzen voraus, dass fünf oder mehr Sätze von $L^*a^*b^*$ -Werten oder Delta E- (dE) Werten vom Anwender geprüft werden. Normalerweise haben sie eine Blendengröße von 12 mm, die zur Messung der feinen Details in vielen industriellen Anwendungsbereichen zu groß ist. Hauptsächlich wird die Probe gerichtet unter 45° beleuchtet. Einige Modelle haben eine zweite Beleuchtung in einem Winkel von 15° .



Espectrofotómetro multiangular.

Ein anwendungsbezogenes Beispiel für den Einsatz von berührungslosen Mehrwinkel-Spektralfotometern ist die Sammlung und zuverlässige Erfassung farbmischer Daten auf Beschichtungen mit Spezialeffekten in der Automobilindustrie.

► 27

Kolorimeter

Kolorimeter sind nicht das Gleiche wie Spektralfotometer. Kolorimeter sind tristimulusbasierte (mit drei Filtern) Geräte mit Rot-, Grün- und Blaufilter zur Simulation der Reaktion des menschlichen Auges auf Licht und Farbe. Bei einigen Anwendungen für die Qualitätskontrolle stellen diese Geräte die kostengünstigste Lösung dar. Gemischte Geräte, so genannte Spektralkolorimeter, bieten Kolorimeter-Funktionen mit einigen Spektralfotometer-Funktionen.



Abb. 6: Kolorimeter X-Rite RM200QC

Kolorimeter können Metamerie nicht ausgleichen (verändertes Aussehen einer Probe aufgrund des zur Beleuchtung der Oberfläche verwendeten Lichts). Da Kolorimeter nur eine Art von Lichtquelle verwenden und die spektrale Reflexion des Materials nicht erfassen, können sie diese Veränderung nicht vorhersagen. Spektralfotometer können diese Veränderung ausgleichen und eignen sich daher hervorragend für präzise Farbmessungen mit hoher Wiederholgenauigkeit.

Densitometer

Früher war die Messung der Farbdichte die bevorzugte Methode für die Prüfung der Druckqualität in der Druck- und Verpackungsindustrie (neben der von erfahrenen Anwendern bevorzugten Prüfung „nach Augenmaß“). Brian Ashe, Lösungsarchitekt für den Geschäftsbereich Pantone Digital von X-Rite erklärt hierzu: „Ein Densitometer kann die Prozessfarben – also Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz, d. h. die CMYK-Farben des Vierfarbdrucks – sehr gut messen, da es im Prinzip die Farbschicht auf dem Bedruckstoff prüft. Doch eben weil ein Densitometer nur die Dichte prüft, ist es bei der Farbmessung keine große Hilfe. Eigentlich ist es sogar farbenblind.“ Weiterhin zu bedenken ist die Tatsache, dass Farbfehler aufgrund von Verunreinigungen ebenfalls Probleme verursachen können. In diesen Fällen können die Dichtemessdaten scheinbar in Ordnung sein; doch solche Fehler lassen sich nur durch Überwachung der Spektralwerte feststellen.

Mit den heutigen Spektralfotometern lassen sich nicht nur genauere Spektralwerte messen; vielmehr kann die Begleitsoftware den Druckmaschinenbediener genau über die notwendigen Farbzoneneinstellungen informieren, um die richtigen Farbdichtewerte zu gewährleisten und/oder Farbwerte wieder in den Toleranzbereich zu bringen – häufig bevor Farbabweichungen mit bloßem Auge überhaupt zu erkennen sind. Ein Kombigerät, wie das X-Rite eXact, bietet Dichte- und Farbmessungen in einem einzelnen Gerät – manchmal auch Spektraldensitometer genannt.



WICHTIGE ERKENNTNIS

Kolorimeter und Densitometer können eine nützliche Rolle bei der Farbmessung spielen, bieten jedoch nicht die gleichen Farbdaten wie Spektralfotometer. Kombigeräte (Spektralkolorimeter oder Spektraldensitometer) können eine gute, preisgünstige Lösung sein, die über einige Funktionen jedes Gerätetyps verfügt.

Anwendungsbereiche

Die Einsatzmöglichkeiten von Spektrofotometern sind scheinbar grenzenlos. Entscheidungen zur Farbabstimmung werden tagtäglich von Personen getroffen, die ein reproduziertes Objekt mit einem Referenzobjekt vergleichen. Die Spektrofotometer-gestützte Farbmessung kann u. a. in folgenden Bereichen nützlich sein:

- Festlegung von Spezifikationen und Toleranzen für akzeptable Farben
- Ermittlung, ob Rohmaterialien oder andere eingehende Komponenten akzeptabel sind und die Spezifikationen einhalten
- Prüfung der genauen Rezeptur von Druckfarben und anderen Farbmitteln
- Sicherstellung genauer Farbrezepturen in einer Testumgebung im Labor vor der Serienproduktion
- Testen von Produkten beim Herstellungsprozess zur Vermeidung kostspieliger Farbabweichungen
- Validierung der Farbwiedergabe zur Förderung des Kundenvertrauens
- Implementierung zuverlässiger Prozesse für die Qualitätskontrolle und -sicherung eingehender Fertigerzeugnisse oder Montageteile
- Festlegung einer gemeinsamen Farbsprache und -kommunikation innerhalb der gesamten lokalen, regionalen oder globalen Lieferkette



WICHTIGE ERKENNTNIS

Farbmessung, -management und -kommunikation nach Zahlen, die Verwendung von Farbmessgeräten sowie die Anwendung sonstiger Methoden für Farbmessung und -management bewirken einen echten Unterschied für Unternehmen weltweit und in allen Branchen.

Weitere Informationen dazu, wie Unternehmen durch Farbmessung, -management und -kommunikation ihren Ausschuss verringern, die Markteinführung beschleunigen, die Produktqualität verbessern, die Kundenzufriedenheit erhöhen und ihre Rentabilität steigern, finden Sie auf der Website www.xrite.com/resources.aspx

Zero Moment of Truth (Moment der Wahrheit)

Google bezeichnet den Augenblick einer Kaufentscheidung als Zero Moment of Truth (ZMOT), der wiederum aus mehreren Mikro-Momenten besteht: *Want-to-know*-Momenten, *Want-to-go*-Momenten, *Want-to-do*-Momenten, *Want-to-buy*-Momenten.

Laut Aussage von Google sind diese Mikro-Momente das neue Schlachtfeld für Marken. Dabei spielt Farbe eine wichtige Rolle – mindestens zu 70 %, wie Studien belegen.

Glossar

Absolutweiß: in der Theorie ein Material, das sämtliche Lichtenergie bei jeder sichtbaren Wellenlänge reflektiert. In der Praxis ein reines Weiß mit bekannten spektralen Reflexionsdaten, das als „Referenzweiß“ für alle Messungen der absoluten Reflexion dient. Bei der Kalibrierung eines Spektralfotometers wird häufig eine Keramikachel als Referenz für das Absolutweiß verwendet.

Absorbieren/Absorption: Umwandlung der Energie elektromagnetischer Wellen in andere Formen, z. B. Wärme, infolge der Wechselwirkung mit Materie. Eine Abnahme der gerichteten Transmission einfallender Strahlung, die zu einer Änderung (Umwandlung) der absorbierten Energie führt.

Achromatische Farbe: eine neutrale Farbe ohne Buntton (Weiß, Grau oder Schwarz).

Additive Primärfarben: rotes, grünes und blaues Licht. Bei Kombination aller drei additiven Primärfarben mit einer Intensität von 100 % entsteht weißes Licht. Bei Kombination dieser drei additiven Primärfarben mit unterschiedlichen Intensitäten entsteht ein Farbraum mit verschiedenen Farben. Durch die Kombination von zwei Primärfarben mit 100 % entsteht eine subtraktive Primärfarbe, nämlich Cyan, Magenta oder Gelb:

100 % Rot + 100 % Grün = Gelb,

100 % Rot + 100 % Blau = Magenta,

100 % Grün + 100 % Blau = Cyan.

Siehe subtraktive Primärfarben

Erscheinungsbild bzw. Wirkung: die Manifestation eines Objekts oder Materials anhand visueller Attribute wie Größe, Form, Farbe, Struktur, Glanz, Transparenz, Opazität usw.

► 31

Künstliches Tageslicht: pauschaler Begriff für Lichtquellen, die häufig mit Filtern ausgestattet sind und mit denen versucht wird, die Farbe und spektrale Verteilung von Tageslicht nachzuahmen. Eine genauere Beschreibung der Lichtquelle ist in der Regel sinnvoller.

Attribut: kennzeichnendes Merkmal der Empfindung, Wahrnehmung oder Erscheinungsweise. Farben werden häufig mit den Attributen Buntton, Sättigung und Helligkeit beschrieben.

Schwarz: in der Theorie die vollständige Absorption von Licht, das Fehlen jeglicher Reflexion. In der Praxis jede Farbe, die diesem Ideal in einer relativen Betrachtungssituation nahe kommt, d. h. eine Farbe mit sehr geringer Sättigung und Luminanz.

Helligkeit: die Farbdimension, die sich auf eine achromatische Skala von Schwarz bis Weiß bezieht, auch Lichtreflexion oder -transmission genannt. Aufgrund der möglichen Verwechslung mit dem Begriff Sättigung, wird von der Verwendung dieses Begriffs (im Englischen) abgeraten.

c*: Abkürzung für Chromatizität.

Chroma/Chromatizität: der Grad der Sättigung eines bestimmten Bunttons, definiert als die Abweichung einer chromatischen Farbe von der neutralen (grauen) Farbe mit dem gleichen Wert. In einer Umgebung mit additiver Farbmischung ist dieses Phänomen vergleichbar mit einem neutralen Grau und einem kräftigen Rot mit dem gleichen Wert. Ausgehend von neutralem Grau werden kleinen

Mengen Rot zugegeben, bis ein kräftiges Rot entsteht. Die resultierende Skala würde zunehmendes Chroma darstellen. Die Skala beginnt bei Null für neutrale Farben, hat jedoch kein beliebiges Ende. Ursprünglich hat Munsell den Wert 10 als höchstes Chroma für ein Zinnoberrot-Pigment und zugehörige andere Pigmente festgelegt. Es wurden andere Pigmente mit höherem Chroma festgestellt, doch die ursprüngliche Skala blieb. Die Farbskala für normale reflektierende Materialien kann bis 20 reichen, für fluoreszierende Materialien bis 30.

Chromatisch: Wahrnehmung als Farb- bzw. Buntton, nicht als Weiß, Grau oder Schwarz.

Chromatizitätskoordinaten (CIE): das Verhältnis der drei Tristimuluswerte X, Y und Z jeweils zur Summe der drei – x, y bzw. z genannt. Zuweilen werden sie auch als trichromatische Koeffizienten bezeichnet. Bei Schreibweise ohne Tiefstellung wird davon ausgegangen, dass sie für die Lichtart C und den 2°-Normalbeobachter (1931) berechnet wurden, sofern nichts anderes angegeben ist. Wenn sie für andere Lichtarten oder Beobachter ermittelt wurden, sollte ein tiefgestelltes Zeichen zur Beschreibung des Beobachters oder der Lichtart verwendet werden. So sind x_{10} und y_{10} beispielsweise die Chromatizitätskoordinaten für den 10°-Beobachter und die Lichtart C.

Chromatizitätsdiagramm (CIE): ein zweidimensionaler Graph, in dem über die Chromatizitätskoordinaten x (Abszisse) und y (Ordinate) der Spektralfarbenzug (Chromatizitätskoordinaten von monochromatischem Licht, 380 bis 770 nm) dargestellt wird. Die Farben leuchtender und nicht leuchtender Materialien lassen sich damit besonders gut vergleichen.

CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*): die Internationale Beleuchtungskommission, die hauptverantwortliche internationale Organisation für Farbe und Farbmessung.

CIE 1976 L*a*b*-Farbraum: ein gleichabständiger Farbraum auf Grundlage einer Adams-Nickerson-Kubikwurzelformel, die von der CIE im Jahr 1976 zur Messung kleiner Farbabweichungen übernommen wurde.

CIE 1976 L*u*v*-Farbraum: ein 1976 eingeführter gleichabständiger Farbraum, der zur Verwendung bei additiver Lichtmischung (z. B. Farbfernsehen) geeignet ist.

CIE-Chromatizitätskoordinaten: siehe Chromatizitätskoordinaten (CIE).

CIE-Chromatizitätsdiagramm: siehe Chromatizitätsdiagramm (CIE).

CIE-Tageslichtarten: siehe Tageslichtarten (CIE).

CIE-Hellempfindlichkeitskurve (y): siehe Hellempfindlichkeitskurve (CIE).

CIE-Normlichtarten: siehe Normlichtarten (CIE).

CIE-Normalbeobachter: siehe Normalbeobachter (CIE).

CIE-Tristimuluswerte: siehe Tristimuluswerte (CIE).

CIELAB: ein gleichabständiger Farbraum (Komplementärfarbenskala), bei dem sich die Farben innerhalb eines dreidimensionalen, rechtwinkligen Koordinatensystems befinden. Die drei Dimensionen sind Helligkeit (L^*), Rot-/Grünintensität (a^*) und Gelb-/Blauintensität (b^*). CIELab ist Teil der aktuellen CIE-Empfehlungen. Auch als $L^*a^*b^*$ bezeichnet.

CIELAB (oder CIE $L^*a^*b^*$, CIE Lab): ein Farbraum, bei dem die Werte L^* , a^* und b^* in einem kartesischen Koordinatensystem eingezeichnet sind. Gleiche Abstände im Farbraum entsprechen in etwa gleichen Farbabständen. Der Wert L^* stellt die Helligkeit, der Wert a^* die Rot/Grün-Achse und der Wert b^* die Gelb/Blau-Achse dar. CIELAB ist ein gängiger Farbraum zur Messung von reflektierenden und lichtdurchlässigen Objekten.

CMC (Colour Measurement Committee der Society of Dyes and Colourists of Great Britain): Organisation, die 1988 eine logischere, ellipsenbasierte Gleichung bzw. Formel auf Basis des $L^*C^*h^\circ$ -Farbraums zur Berechnung der DE- (siehe delta E^*) Werte als Alternative zu den rechtwinkligen Koordinaten des CIELAB-Farbraums entwickelt und veröffentlicht hat.

Farbe: ein Aspekt der Wirkung bzw. des Erscheinungsbilds – ein Stimulus auf Basis der visuellen Reaktion auf Licht, bestehend aus den drei Dimensionen Buntton, Sättigung und Helligkeit.

Farbattribut: eine dreidimensionale Eigenschaft der Farbwirkung eines Objekts. Eine Dimension beschreibt im Allgemeinen die Helligkeit, die anderen beiden Dimensionen beschreiben gemeinsam die Chromatizität.

Farbabweichung bzw. Farbabstand: Ausmaß und Art der Abweichung bzw. des Abstands zwischen zwei Farben unter festgelegten Bedingungen.

Farbabstimmungsfunktionen: relative Menge der drei additiven Primärfarben, die jeder Wellenlänge des Lichts entsprechen müssen. Im Allgemeinen bezieht sich dieser Begriff auf die Farbabstimmungsfunktionen des CIE-Normalbeobachters.

Farbmessung: physikalische Messung des Lichts, das von einer Probe unter bestimmten Bedingungen abgestrahlt, übertragen oder reflektiert wird. Die Messwerte werden in standardisierte farbmessmetrische Begriffe umgerechnet, die wiederum visuellen Farbeindrücken zugeordnet werden können.

Farbmodell: eine Farbmessskala bzw. ein Farbmesssystem zur Angabe der wahrgenommenen Farbattribute in Form von Zahlen. Kommt in Computergrafikanwendungen und bei Farbmessgeräten zum Einsatz.

Farbordnungssysteme: Systeme zur Beschreibung einer dreidimensionalen Anordnung von Farben. Für die Klassifizierung von Farben können drei Grundlagen verwendet werden: 1) Aussehen bzw. Wirkung (d. h. psychologische Grundlage) in Bezug auf Farbton, Sättigung und Helligkeit; ein Beispiel dafür ist das Munsell-System; 2) additive Farbmischung (d. h. psychophysische Grundlage); Beispiele dafür sind das CIE-System und das Ostwald-System; und 3) subtraktive Farbmischung; ein Beispiel dafür ist das Plochere-Farbsystem auf Basis der Mischung von Druckfarben.

Farbraum: dreidimensionaler Raum, der alle möglichen Farben einschließt. Die Dimensionen können in verschiedenen Geometrien beschrieben werden, wodurch unterschiedliche Abstände im Raum entstehen.

Farbspezifikation: Einordnung einer Farbe in ein Farbsystem (anhand von Tristimuluswerten, Chromatizitätskoordinaten mit Luminanzwerten oder weiteren Farbskalenwerten).

Farbtemperatur: ein Maß für die Farbe des Lichts, das von einem schwarzen Körper bei dessen Aufwärmung abgestrahlt wird. Dieses Maß wird bezogen auf die absolute Skala oder in Grad Kelvin ausgedrückt. Niedrigere Kelvin-Temperaturen wie 2400 K sind Rot; höhere Temperaturen wie 9300 K sind Blau. Eine neutrale Temperatur ist Weiß bei 6504 K.

Farbrad: das Farbkontinuum des sichtbaren Spektrums in Kreisform, wobei Komplementärfarben, wie Rot und Grün, einander gegenüberstehen.

Farbmittel: Materialien zur Erstellung von Farben – Farbstoffe, Pigmente, Toner, Wachse, fluoreszierende Leuchtstoffe.

Kolorimeter: ein optisches Farbmessgerät, das ähnlich wie das menschliche Auge auf Farbe reagiert, indem das reflektierte Licht in seine dominanten Bereiche Rot, Grün und Blau gefiltert wird.

Kolorimetrisch: von Werten oder in Bezug auf Werte, die dreifarbiges Licht oder dreifarbige Rezeptoren, d. h. Rot, Grün und Blau, angeben.

Kolorist: eine Person, die die Kunst der Farbabstimmung (Farbrezeptierung) beherrscht und das Verhalten von Farbmitteln in verschiedenen Materialien kennt. Das Wort „Kolorist“ ist lateinischen Ursprungs.

Komplementärfarben: zwei Farben, die bei Kombination neutrales Grau erzeugen. Auf einem Farbrad befinden sich Komplementärfarben einander direkt gegenüber (z. B. Blau und Gelb, Rot und Grün).

Kontrast: der Unterschied zwischen hellen und dunklen Bereichen in einem Bild.

CxF: Color eXchange Format, ein von X-Rite ursprünglich entwickeltes und im Rahmen der ISO 17972 inzwischen als neuer Standard anerkanntes Datenformat für den Austausch digitaler Farbdaten. Eine CxF-Datei enthält Spektraldaten, L*a*b-Werte, Beobachterwinkel, Beleuchtungsstärke und physische Filter und kann auch Daten zur Farbrezeptur enthalten.

D65: die CIE-Normlichtart, die einer Farbtemperatur von 6504K entspricht. Diese Farbtemperatur kommt bei Abmusterungskabinen in der grafischen Industrie zum Einsatz. Siehe Kelvin (K).

Tageslichtarten (CIE): Reihe spektraler Verteilungskurven anhand von Messungen des natürlichen Tageslichts, die von der CIE im Jahr 1965 empfohlen wurden. Erfasst wird der Wellenlängenbereich von 300 bis 830 nm. Die Werte werden als korrelierte Farbtemperatur ausgedrückt. Am wichtigsten ist D65 wegen der Nähe ihrer korrelierten Farbtemperatur zu der von Lichtart C, d. h. 6774 K. D75 (blauer als D65) und D55 (gelber als D65) werden ebenfalls verwendet.

Delta (D oder Δ): ein Symbol zur Angabe einer Abweichung oder einer Differenz.

delta E*, delta e*: der nach einer Farbabstandsformel (ΔE_{ab} oder ΔE_{cmc}) berechnete Gesamtfarbabstand. Bei Farbtoleranzen wird das Symbol DE häufig als Ausdruck für Delta Error (Differenzfehler) verwendet.

Delta E 2000: Delta-E 2000 ist die erste größere Änderung der dE94-Formel. Im Unterschied zu Formel dE94, bei der davon ausgegangen wird, dass L* die wahrgenommenen Helligkeitsunterschiede korrekt widerspiegelt, variiert dE2000 die Gewichtung von L* abhängig vom Helligkeitsbereich, in den die Farbe fällt.

Farbstoff: ein lösliches Farbmittel – im Gegensatz zu einem Pigment, das unlöslich ist.

Dynamikbereich: der Messwertbereich eines Geräts, angefangen vom niedrigsten erkennbaren Wert bis zum höchsten unterstützten Wert.

Elektromagnetisches Spektrum: das massive Band elektromagnetischer Wellen, die in verschiedenen Größen, gemessen durch die Wellenlänge, die Luft durchqueren. Verschiedene Wellenlängen haben unterschiedliche Eigenschaften, wobei die meisten für den Menschen unsichtbar, manche überhaupt nicht erkennbar sind. Nur Wellenlängen im Bereich von 380 bis 720 Nanometern sind sichtbar und erzeugen Licht. Zu den Wellen außerhalb des sichtbaren Spektrums zählen Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, Mikrowellen und Funkwellen.

Emittierendes Objekt: ein Objekt, das Licht ausstrahlt. Die Emission beruht in der Regel auf einer chemischen Reaktion, zum Beispiel den brennenden Gasen der Sonne oder dem erwärmten Glühdraht einer Glühbirne.

Leuchtstofflampe bzw. -röhre: eine mit Quecksilbergas gefüllte und auf ihrer Innenseite mit fluoreszierenden Leuchtstoffen beschichtete Glasröhre. Wenn das Gas mit elektrischem Strom geladen ist, entstehen Strahlen. Dadurch werden die Leuchtstoffe unter Strom gesetzt und beginnen zu glühen.

Glanz: ein zusätzlich zu berücksichtigender Parameter bei der Bestimmung eines Farbstandards neben dem Buntton, dem Tonwert, der Sättigung und der Textur eines Materials, der auch bestimmt, ob das Material einen Metallic- oder Perlglanzeffekt aufweist. Glanz ist ein zusätzlicher Toleranzwert, der auf der Munsell-Farbtoleranzkarte angegeben werden kann. Für die Auswertung des

Glanzes einer Farbprobe gilt: je höher der Glanzwert, desto dunkler erscheint die Farbprobe. Im Umkehrschluss heißt das: je geringer der Glanzwert, desto heller erscheint die Probe. Der Glanz wird in Glanzeinheiten auf Basis des Messwinkels und des Glanzwerts gemessen (z. B. 60° Glanz = 29,8). Von der Norm ASTM (American Society for Testing and Materials) D523 wird eine 60°-Geometrie für die generelle Glanzmessung empfohlen.

Graustufen: eine achromatische Skala, die von Schwarz über eine Reihe aufeinanderfolgender hellerer Grautöne bis zu Weiß reicht. Diese Reihe kann aus Stufen bestehen, die scheinbar gleich voneinander entfernt sind (zum Beispiel die Munsell-Werteskala), oder sie wird nach anderen Kriterien

angeordnet, wie einer geometrischen Progression basierend auf Helligkeit. Solche Skalen dienen zur Beschreibung der relativen Differenz zwischen zwei ähnlichen Farben.

Bunt- bzw. Farbton: 1) das erste Element im Farbordnungssystem, gemäß Definition das Attribut, durch das wir Rot von Grün, Blau von Gelb usw. unterscheiden können. Munsell hat fünf Hauptfarbtöne (Rot, Gelb, Grün, Blau und Purpur) sowie fünf Zwischenfarbtöne (Gelb-Rot, Grün-Gelb, Blau-Grün, Purpur-Blau und Rot-Purpur) definiert. Diese 10 Farbtöne (dargestellt durch ihre entsprechenden (englischsprachigen) Anfangsbuchstaben R, YR, Y, GY, G,BG, B, PB, P und RP) sind im gleichen Abstand um einen Kreis angeordnet, der in 100 gleich große visuelle Schritte unterteilt ist, wobei sich der Nullpunkt am Anfang des Rotbereichs befindet. Benachbarte Farben in diesem Kreis können zu einer kontinuierlichen Veränderung von einem Farbton zum anderen gemischt werden. Die um den Farbtonekreis definierten Farben werden als chromatische Farben bezeichnet. 2) das Farbattribut, anhand dessen eine Farbe als Rot, Gelb, Grün, Blau, Purpur usw. wahrgenommen wird. Weiß, Schwarz und Grau haben keinen Farbton.

Lichtart: mathematische Beschreibung der relativen spektralen Energieverteilung einer echten oder imaginären Lichtquelle – d. h. die von einer Lichtquelle bei jeder Wellenlänge im Emissionsspektrum ausgestrahlte relative Energie. Häufig verwendete Synonyme sind „Lichtquelle“ oder „Lampe“, obwohl deren Verwendung nicht empfehlenswert ist.

Lichtart A (CIE): gelb-orangefarbenes Glühlampenlicht mit einer korrelierten Farbtemperatur von 2856 K und einem Wellenlängenbereich von 380 bis 770 nm.

Lichtart C (CIE): bläuliches Wolframlicht zur Simulation von durchschnittlichem Tageslicht mit einer korrelierten Farbtemperatur von 6774 K.

Lichtart D (CIE): Tageslichtarten im Wellenlängenbereich von 300 bis 830 nm (der UV-Anteil im Bereich von 300 bis 380 nm ist zur korrekten Beschreibung von Farben notwendig, die fluoreszierende Farbstoffe oder Pigmente enthalten). Sie werden als D mit einem Zusatz (tiefgestellten Zeichen) zur Beschreibung der korrelierten Farbtemperatur bezeichnet. D65 ist die gängigste Lichtart, hat eine korrelierte Farbtemperatur von 6504 K und ist der Lichtart C recht ähnlich. Diese Tageslichtarten basieren auf tatsächlichen Messungen der spektralen Verteilung von Tageslicht.

Ulbricht-Kugel: eine Kugel, die aus stark reflektierendem Material besteht oder mit einem solchen beschichtet ist und in ihrem Innern Licht streut.

Kelvin (K): Maßeinheit für die Farbtemperatur. Die Kelvin-Skala beginnt bei Null (absoluter Nullpunkt), das 273 °C entspricht.

L*a*b*: ein gleichabständiger Farbraum (Komplementärfarbenskala), bei dem sich die Farben innerhalb eines dreidimensionalen, rechtwinkligen Koordinatensystems befinden. Die drei Dimensionen sind Helligkeit (L*), Rot-/Grünintensität (a*) und Gelb-/Blauintensität (b*). Auch als CIELAB bezeichnet.

Licht: 1) elektromagnetische Strahlen, die ein menschlicher Beobachter durch den visuellen Sinneseindruck – ausgelöst durch die Reizung der Netzhaut des Auges – erkennt. Dieser Teil

des Spektrums umfasst Wellenlängen im Bereich von 380 bis 770 nm. Daher ist es falsch, von ultraviolettem Licht zu sprechen, da der Mensch Strahlenenergie im UV-Bereich nicht sehen kann.
2) Adjektiv des englischsprachigen Worts „light“ (hell), das so viel wie hohe Reflexion, Transmission oder Helligkeit im Unterschied zu dunkel oder geringer Intensität bedeutet.

Die Emission einer Lichtquelle lässt sich anhand der relativen Energiemenge beschreiben, die bei jeder Wellenlänge im sichtbaren Spektrum abgegeben wird, wodurch die Quelle als Lichtquelle definiert ist. Die Emission kann auch durch die korrelierte Farbtemperatur ausgedrückt werden.

Helligkeit: Wahrnehmung, wodurch weiße Objekte von grauen Objekten und hellfarbige Objekte von dunkelfarbigen Objekten unterschieden werden.

Hellempfindlichkeitskurve (y) (CIE): eine grafische Darstellung der relativen Stärke der visuellen Reaktion in Abhängigkeit von der Wellenlänge in einem Bereich vom 380 bis 870 nm; wurde 1924 von der CIE eingeführt.

Metamerie: ein Phänomen, bei dem ein Farbenpaar unter einer oder mehreren (reellen oder berechneten) Lichtquellen, jedoch nicht unter allen Lichtquellen zusammenpasst.

Munsell-Farbsystem: die Farbkennzeichnung einer Probe anhand ihres Munsell-Farbtönen, -Farb- und -Sättigungswerts nach visueller Einschätzung im Vergleich zum Munsell Book of Color.

Munsell-Skala: ein Farbraum, der Farben auf Basis der drei Farbdimensionen, nämlich Farb- bzw. Buntton, Farbwert (Helligkeit) und Sättigung (Farbreinheit), spezifiziert. Diese Skala wurde im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts von Professor Albert H. Munsell entwickelt und in den 1930er Jahren vom USDA (US-amerikanisches Landwirtschaftsministerium) als offizielles Farbsystem für die Bodenforschung eingeführt.

Nanometer (nm): Maßeinheit für die Länge, die einem Milliardstel Meter oder einem Millimikrometer entspricht.

Beobachter: der menschliche Betrachter, der einen Reiz empfängt und dadurch etwas wahrnimmt. In Bezug auf das Sehen ist der Reiz visuell und die Wahrnehmung ein Erscheinungsbild.

Beobachter, Norm: siehe Normalbeobachter.

Strahlungsenergie: eine Energieform des elektromagnetischen Spektrums, die ein Vakuum mit 299.792 Kilometern pro Sekunde durchläuft; langsamer in dichteren Medien (Luft, Wasser, Glas usw.). Die Art der Strahlungsenergie ist durch die Wellenlänge oder Frequenz definiert, obwohl sie auch quantenspezifisches Verhalten aufweist (Korpuskulartheorie). Die verschiedenen Energiearten können in andere Energieformen (elektrisch, chemisch, mechanisch, atomar, thermisch, Strahlung) umgewandelt werden, aber die Energie selbst geht nicht verloren.

Reflexion: das Verhältnis der Intensität der reflektierten Strahlung zur Intensität der einfallenden Strahlung. Landläufig versteht man unter Reflexion das Verhältnis der Intensität der reflektierten Strahlungsenergie zu der, die von einem definierten Referenzstandard reflektiert wird.

Reflexion, gerichtet: siehe gerichtete (spiegelnde) Reflexion.

Reflexion, total: siehe Totalreflexion.

Sättigung: das Attribut der Farbwahrnehmung, mit dem der Grad der Abweichung von einem Grauton mit derselben Helligkeit ausgedrückt wird. Grautöne besitzen keine Sättigung (ASTM). Siehe Chroma/ Chromatizität.

Streuung: Diffusion oder Umlenkung der Strahlungsenergie führenden Partikel mit unterschiedlichem Brechungsindex. Eine Streuung tritt bei Übergangsstellen auf der Oberfläche oder innerhalb eines Mediums auf, das Partikel enthält.

Spektraldaten: die präziseste Beschreibung der Farbe eines Objekts. Die Farbwirkung eines Objekts entsteht durch Licht, das von einem Objekt geändert und zu einem Betrachter reflektiert wird. Spektraldaten sind eine Beschreibung der Art und Weise, wie sich das reflektierte Licht verändert hat. Der prozentuale Anteil des reflektierten Lichts wird in mehreren Intervallen innerhalb seines Wellenlängenspektrums gemessen. Diese Informationen können visuell in Form einer Spektralkurve dargestellt werden.

Spektrale Energieverteilungskurve: Intensität der Strahlungsenergie in Abhängigkeit von der Wellenlänge, im Allgemeinen ausgedrückt im Hinblick auf die relative Energie.

Gerichtete (spiegelnde) Reflexion: Das Reflexionsspektrum oder die spektrale Reflexionskurve ist die grafische Darstellung der Reflexion in Abhängigkeit von der Wellenlänge.

Spektralfotometer: ein fotometrisches Gerät zur Messung der spektralen Transmission, spektralen Reflexion oder relativen spektralen Emission.

Spektralfotometrische Kurve: ein mit einem Spektralfotometer ermittelter Graph, bei dem das relative Reflexions- oder Transmissionsvermögen (bzw. die Absorption) die Ordinate darstellt und die Wellenlänge oder Frequenz die Abszisse.

Spektrum: die räumliche Anordnung der Komponenten der Strahlungsenergie nach ihren Wellenlängen, ihrer Wellenzahl oder Frequenz.

Spiegelglanz: relative fraktionierte Lichtreflexion einer Oberfläche in Spiegel- oder spekulärer Richtung. Manchmal wird er bei 60° relativ zu einem perfekten Spiegel gemessen.

Spekulare Reflexion: die Reflexion eines Energiestrahls in einem Winkel, der gleich dem Einfallswinkel, aber diesem entgegengesetzt ist; spiegelähnliche Reflexion. Der Grad der spekularen Reflexion auf glänzenden Materialien hängt vom Winkel und unterschiedlichen Brechungsindex von zwei Materialien an einer Oberfläche ab und kann nach der Fresnelschen Formel berechnet werden.

Specular Reflectance Excluded (SCE): Reflexionsmessung, bei der die spekulare Reflexion ausgeschlossen ist; diffuse Reflexion. Der Ausschluss kann über einen Einfallswinkel von 0 Grad (senkrecht) auf die Proben erreicht werden. Auf diese Weise wird die spekulare Komponente der Reflexion mithilfe von Schwarzabsorbieren oder Lichtfallen im spekularen Winkel zurück in das Instrument reflektiert, wenn der Einfallswinkel nicht rechtwinklig ist, bzw. bei Richtungsmessungen über die Messung in einem Winkel, der vom spekularen Winkel abweicht.

Specular Reflectance Included (SCI): Messung der Gesamtreflexion einer Oberfläche, einschließlich der diffusen und spekularen Reflexion.

Standard: eine Referenz, auf deren Grundlage Gerätemessungen vorgenommen werden.

Normlichtarten (CIE): bekannte und von der CIE für vier verschiedene Lichtquellen festgelegte Spektraldaten. Bei Verwendung der Tristimulusdaten (-werte) zur Beschreibung einer Farbe muss auch die Lichtart definiert werden. Diese Normlichtarten werden anstelle tatsächlicher Messungen der Lichtquelle verwendet.

Normalbeobachter (CIE): 1) ein hypothetischer Beobachter bzw. Betrachter, dessen Tristimulus-Farbmischdaten 1931 von der CIE für einen Betrachtungswinkel von 2° empfohlen wurden. 1964 wurde ein weiterer Beobachter für einen größeren Winkel von 10° eingeführt. 2) Die spektralen Wahrnehmungseigenschaften des laut Definition der CIE durchschnittlichen Beobachters. Es wurden zwei dieser Datensätze festgelegt, die Daten des Jahres 1931 für das 2-Grad-Sichtfeld (Fernsicht) und die Daten des Jahres 1964 für das 10-Grad-Weitwinkel-Sichtfeld (Sicht in einer Armlänge Entfernung). Für gewöhnlich wird davon ausgegangen, dass die Tristimulusdaten für den Beobachter von 1931 bzw. Beobachter mit einem Sichtfeld von 2° berechnet wurden, wenn keine Angaben zum Beobachter gemacht werden. Bei Verwendung der Daten von 1964 sollte darauf hingewiesen werden.

Subtraktive Primärfarben: Cyan, Magenta und Gelb. Wenn alle drei subtraktiven Primärfarben zu 100 % auf weißem Papier kombiniert werden, ergibt dies theoretisch die Farbe Schwarz. Die Mischung mit unterschiedlichen Intensitäten führt zu einem Farbraum mit verschiedenen Farben. Die Kombination von zwei Primärfarben zu 100 % ergibt eine additive Primärfarbe, entweder Rot, Grün oder Blau:

100 % Cyan + 100 % Magenta = Blau

100 % Cyan + 100 % Gelb = Grün

100 % Magenta + 100 % Gelb = Rot

Tönen/Farbton: 1) das Mischen von weißem Pigment mit absorbierenden (in der Regel chromatischen) Farbmitteln. 2) die Farbe, die durch das Mischen von weißem Pigment mit absorbierenden (in der Regel chromatischen) Farbmitteln entsteht. Die resultierende Mischung ist heller und weniger gesättigt als die Farbe ohne das hinzugefügte Weiß.

Totalreflexion: die Reflexion des Strahlungsflusses von der Oberfläche in allen Winkeln; umfasst sowohl die diffuse als auch die spekulare Reflexion.

Transparent: beschreibt ein Material, das Licht ohne Diffusion oder Streuung durchlässt.

Tristimulus: drei Stimuli umfassend; wird im Allgemeinen zur Beschreibung der Komponenten einer additiven Mischung verwendet, die zur Auslösung einer bestimmten Farbempfindung erforderlich sind.

Tristimulus-Kolorimeter: ein Gerät zur Messung und Umwandlung der Tristimuluswerte in die Chromatizitätskomponenten einer Farbe.

Tristimuluswerte (CIE): prozentuale Anteile der Komponenten in einer dreifarbig additiven Mischung zur Reproduktion und Abstimmung einer Farbe. Diese werden im CIE-System als X, Y und

Z bezeichnet. Die Lichtart und Funktionen zur Farbabstimmung für den Normalbeobachter müssen angegeben werden. Andernfalls wird davon ausgegangen, dass sich die Werte auf den Beobachter von 1931 (Sichtfeld von 2°) und die Lichtart C beziehen. Die ermittelten Werte hängen von der jeweils angewandten Integrationsmethode, der Probenart und dem zur Messung der Reflexion oder Transmission verwendeten Gerätetyp ab. Daher sind Tristimuluswerte keine charakteristischen absoluten Werte einer Probe, sondern relative Werte, die von der zu ihrer Ermittlung angewandten Methode abhängen. Durch Messungen mit einem Tristimulus-Kolorimeter, das in der Regel auf 100 normalisierte Messwerte bietet, lassen sich Näherungswerte der CIE-Tristimuluswerte ermitteln. Diese müssen dann auf die entsprechenden CIE-Werte normalisiert werden. Die Filtermessungen sollten entsprechend als R, G und B anstelle von X, Y und Z bezeichnet werden.

Wert: gibt an, wie hell oder dunkel eine Farbe im Verhältnis zu einer neutralen Grauskala ist. Die Werteskala (oder V im Munsell-Farbsystem) reicht von 0 für reines Schwarz bis 10 für reines Weiß. Die Werteskala ist neutral bzw. ohne Farbton.

X: 1) einer der CIE-Tristimuluswerte – die Primärfarbe Rot. 2) Funktionen zur Farbabstimmung für den CIE-Normalbeobachter zur Berechnung des Tristimuluswerts X. 3) eine der CIE-Chromatizitätskoordinaten, berechnet als Bruchteil der Summe der drei Tristimuluswerte, die dem Wert X zuzuordnen sind.

Y: einer der drei CIE-Tristimuluswerte, der der Lichtreflexion oder -transmission entspricht – die Primärfarbe Grün. 2) Funktion zur Farbabstimmung für den CIE-Normalbeobachter zur Berechnung des Tristimuluswerts Y. 3) eine der CIE-Chromatizitätskoordinaten, berechnet als Bruchteil der Summe der drei Tristimuluswerte, die dem Wert Y zuzuordnen sind.

Z: 1) einer der CIE-Tristimuluswerte – die Primärfarbe Blau. 2) Funktion zur Farbabstimmung für den CIE-Normalbeobachter zur Berechnung des Tristimuluswerts Z. 3) eine der CIE-Chromatizitätskoordinaten, berechnet als Bruchteil der Summe der drei Tristimuluswerte, die dem Wert Z zuzuordnen sind.

