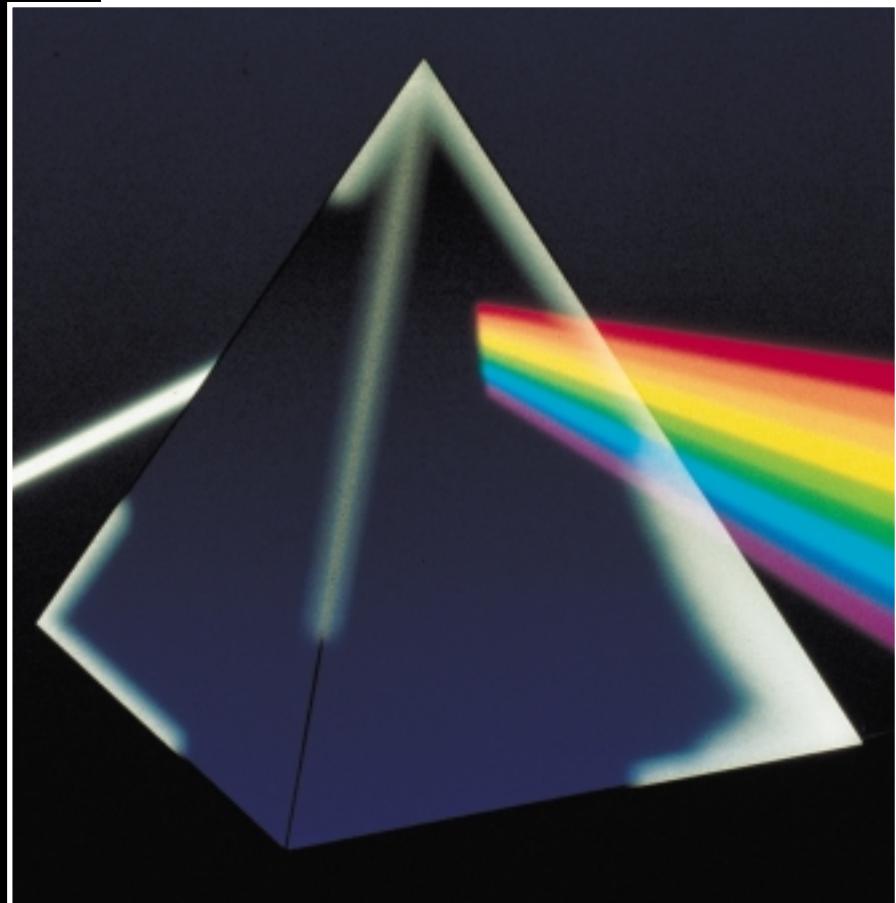


Die Sprache der Farben





Sehr geehrte Damen und Herren,

X-Rite zählt weltweit zu den führenden Herstellern von hochentwickelten Spektralphotometern. X-Rite entwickelt, produziert und vermarktet Qualitätsicherungssysteme und professionelle Softwarepakete zur Messung von Farbe und Farbdichte. X-Rite Messsysteme kommen weltweit in Unternehmen der Automobil-, Farben- und Lack-, Kunststoff-, Textil-, Foto-, der graphischen und medizinischen Industrie zum Einsatz. Zusammen mit dem Tochterunternehmen Labsphere bietet X-Rite seinen Anwendern vielfältige Lösungen im Bereich Farbmessung, -kontrolle, -rezeption sowie Farbmanagement. X-Rite veranstaltet weltweit Seminare und Schulungen zum Thema Farbmessung und stellt den Teilnehmern und Interessierten informatives Schulungsmaterial zur Verfügung.

Dieses Handbuch soll Ihnen die Prinzipien, Methoden und Anwendungsmöglichkeiten der Farbmessung und Spektralphotometrie näher bringen, damit Sie Farbe in Ihrem Unternehmen besser interpretieren und kontrollieren können.

Herzlichen Dank dass Sie sich für X-Rite entschieden haben.

Wir freuen uns über eine erfolgreiche Zusammenarbeit

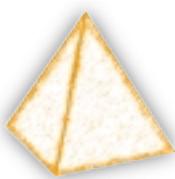
Mit freundlichen Grüßen

Rich Cook
X-Rite Präsident

X-Rite Incorporated | 3100 44th Street, S.W. | Grandville, MI 49418 U.S.A.
Tel. (01) 616/534-7663 | Fax (01) 616/534-9212

X-Rite GmbH | Stollwerckstr. 32 | D-51149 Köln
Tel. (0 22 03) 9 14 50 | Fax (0 22 03) 91 45 19





Inhalt

Farbe beschreiben	4
Möglichkeiten Farbe zu messen	5
Eigenschaften von Farbe	
Farnton	6
Buntheit	6
Helligkeit	7
Systeme zur Farbmessung	
Das Munsell-System	8
Das CIE Farbsystem	8
Farbmaßzahlen	10
Von Farben zu Zahlen	
CIELAB (L [*] a [*] b [*])	11
CIELCH (L [*] C [*] h [°])	11
Farbdifferenzen, Farbwerte und Farbtoleranzen	
Delta CIELAB und CIELCH	13
Erläuterungen zum CIE Farbraum	14
Optischer Eindruck und Toleranzen	14
CIELAB Farbtoleranzen	14
CIELCH Farbtoleranzen	15
CMC-Farbtoleranzen	15
CIE94 Farbtoleranzen	17
Optische Bewertung versus Meßgerät	17
Auswahl des richtigen Toleranzsystems	17
Andere Farbindizes	
Weiß- und Gelbgrad	18
Anwendungen	19
Computergestütztes Arbeiten	20
Glossar	22
Internetseiten	26
Die X-Rite Qualitätsphilosophie	27





Farbe beschreiben

Wie würden Sie die Farbe dieser Rose beschreiben?
Würden Sie sie "Gelb" nennen, eine Art "Zitronengelb"
oder vielleicht ein "helles Kanariengelb"?

Unsere Empfindungen und Interpretationen einer Farbe sind stark subjektiv und oft sehr unterschiedlich von denen eines anderen Menschen. Hinzu kommt, daß Alter, Augenermüdung oder andere physiologische Faktoren die Farbwahrnehmung deutlich beeinflussen können.

Um die Beschreibung einer Farbe, wie der dieser Rose gebeten, wird jeder Mensch eine andere Antwort geben. Die Interpretation jedes Beobachters basiert auf seinen persönlichen Erfahrungen. Aber auch die rein sprachliche Beschreibung der Objektfarbe wird differieren.

Hieraus folgt, daß eine Farbe erst dann allgemein verständlich beschrieben werden kann, wenn man sich auf einheitliche Standards und eine definierte Art der Beschreibung einigt. Sind diese Dinge erst einmal festgelegt, so muß es einen Weg geben, eine Farbe mit einer anderen genau zu vergleichen.

Die Lösung ist ein Meßinstrument, das eine Farbe genau erkennt. Das heißt, daß es eine Farbe von allen anderen unterscheidet und ihr einen spezifischen Zahlenwert zuordnet.





Arten der Farbmessung

Die heute gebräuchlichsten Instrumente zur Farbmessung sind Spektralphotometer.

Ein Spektralphotometer mißt das Licht an einer großen Anzahl von Punkten im gesamten Spektrum des sichtbaren Lichtes. Hieraus resultiert eine spektrale Verteilungskurve. Da jede Verteilungskurve einer Farbprobe einzigartig ist, wie der Abdruck eines Fingers, stellt diese Kurve ein exzellentes Werkzeug für die Identifikation, die Spezifikation und den Vergleich von Farben dar.



Ein Spektralphotometer ist Grundlage für die Farbrezeptierung verschiedener Produkte wie Kunststoffe, Farben, Druckfarben, Textilien und Lacke.

DICHTE (STATUS E)	
V	1.84
C	1.39
M	1.55
Y	1.11

FLÄCHENDECKUNG	
40%	Raster
V	5 6 %
C	5 3 %
M	5 3 %



Ein portables Spektralphotometer mit Kugelgeometrie mißt die Farbe von Textilproben oder anderer Materialien, bei denen das Erscheinungsbild wesentlich für die Akzeptanz des Kunden ist.



Ein Spektraldensitometer mißt einen Farbkeil auf einem Druckbogen, um die Farbreproduktion zu überwachen. Ein typischer Ausdruck (s. links) zeigt die Schwarz-, Cyan-, Magenta- und Gelbwerte für die Dichte, Rastertonwerte und andere charakteristische Merkmale.



Eigenschaften von Farbe

Jede Farbe hat ihr eigenes klares Erscheinungsbild, basierend auf drei Elementen: Farbton, Buntheit und Helligkeit. Beschreibt man eine Farbe unter Benutzung dieser drei Attribute, so kann man sie genau definieren und von anderen unterscheiden.

Farbton

Wenn man eine Farbe beschreiben soll, so spricht man meist zuerst von ihrem Farbton. Dieser legt zunächst grundlegend fest, wie wir eine Farbe empfinden - Rot, Orange, Grün, Blau, usw.

Der Farbkreis in Abbildung 1 zeigt die Farbübergänge von einem Farbton zum nächsten. Man sieht, daß aus Grün und Blau ein Blaugrün

zu mischen ist, ebenso wie Gelb und Rot ein Orange ergeben.

Buntheit

Ob man eine Farbe matt und blaß oder kräftig und brillant empfindet, hängt von ihrer Buntheit ab. Anders ausgedrückt beschreibt die Buntheit, wie weit sich die Farbe an Grau oder den reinen Farbton annähert. Vergleicht man beispielsweise eine Tomate mit einem Radieschen, so erscheint die Tomate leuchtender, das Radieschenrot ist schwächer.

Abbildung 2 zeigt, wie sich die Buntheit vom Zentrum nach außen hin verändert. Farben im Zentrum sind Grau (farblos) und werden bunter (brillanter), wenn sie sich zum Außenkreis hin bewegen. Das Farbattribut wird auch "Chroma" genannt.

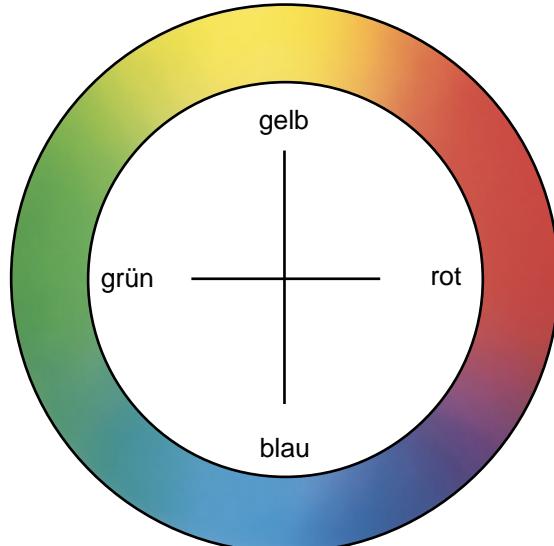


Abbildung 1: Farbton

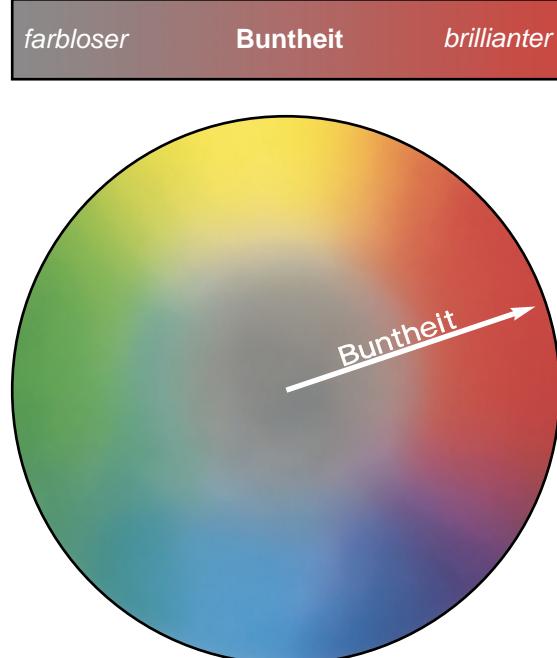


Abbildung 2: Buntheit

Helligkeit

Ein weiteres Charakteristikum einer Farbe ist ihre Helligkeit. Durch den Vergleich von Helligkeitswerten lässt sich eine Farbe als hell oder dunkel beschreiben.

Legt man zum Beispiel eine Tomate und ein Radieschen nebeneinander, so wird die Tomate meist heller aussehen. Das Radieschen hat den geringeren Helligkeitswert. In Abbildung 3 ist die Helligkeit auf der vertikalen Achse abzulesen.

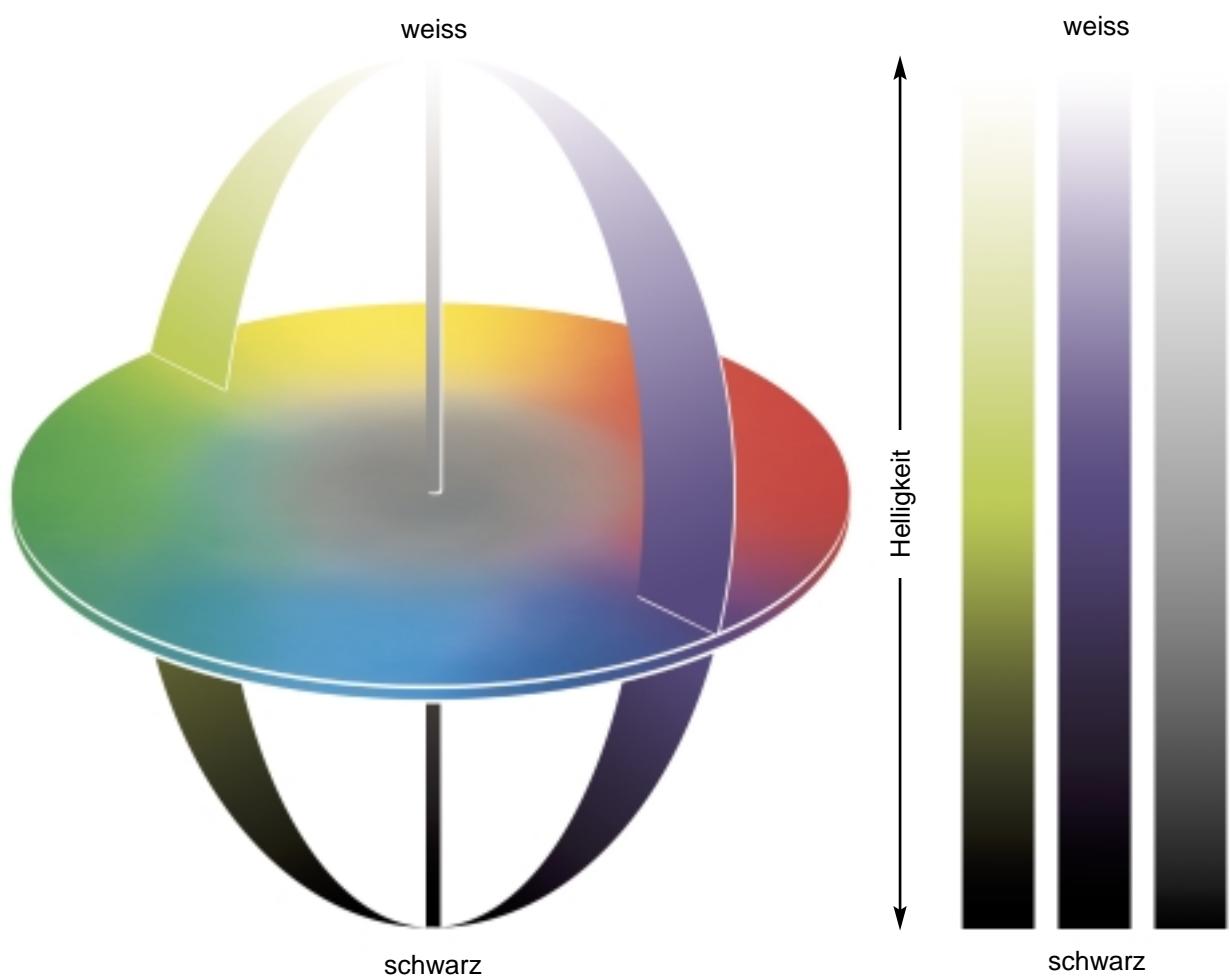
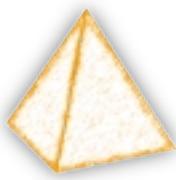


Abbildung 3: Dreidimensionales Farbsystem zur Darstellung der Helligkeit



Systeme zur Farbmessung

Das Munsell-System

Der Künstler Albert H. Munsell erfand im Jahr 1905 ein Farbordnungssystem - den Munsell-Farbbau - das heute noch benutzt wird. Das Munsell-System zur Farbordnung ist aus historischer Sicht wichtig, weil es auf der menschlichen Wahrnehmung beruht. Darüber hinaus wurde es zu einem Zeitpunkt erdacht, als es noch keinerlei Instrumente zur Messung und Bestimmung von Körperfarben gab. Das Munsell-System ordnet den drei Eigenschaften einer Farbe Zahlenwerte zu: Farbton, Helligkeit und Buntheit. Nebeneinander liegende Farbmuster stehen für gleichempfundene Abstände in der visuellen Wahrnehmung des Menschen. Das Modell in Abbildung 4 zeigt einen Munsell-



Abbildung 4: Der Munsell-Farbbau

Farbbau. Die heutigen Farbsysteme verlassen sich auf Meßgeräte, die sich der Mathematik bedienen, um uns bei der Beurteilung von Farbe zu unterstützen.

Drei Voraussetzungen sind zum Farbensehen (Körperfarben) notwendig:

- Eine Lichtquelle (Lampe)
- Ein Gegenstand (Objekt)
- Ein Betrachter (Auge/Gehirn)

Wir sehen Farbe, weil unser Auge die Interaktion von Licht, das auf einen Gegenstand trifft, verarbeitet. Was passiert, wenn wir unser Auge gegen ein Meßinstrument eintauschen - kann es die gleichen Farbdifferenzen wahrnehmen, die unser Auge sieht?

Das CIE Farbsystem

Die CIE, oder Commission Internationale de l'Eclairage (übersetzt "Internationale Kommission für Beleuchtung") ist verantwortlich für die Erarbeitung international gültiger Vereinbarungen auf den Gebieten der Lichtmessung (Photometrie) und Farbmessung (Colorimetrie). Die CIE standardisierte erstmalig 1931 Farbordnungssysteme durch die Festlegung von Lichtarten (Lichtquellen), eines Normalbeobachters sowie der Methoden zum Errechnen von farbmetrischen Zahlenwerten.

Das CIE Farbsystem bedient sich dreier Koordinaten, um eine Farbe innerhalb eines Farbraumes festzulegen. Diese Farbkoordinaten sind: CIE XYZ.

Aus diesem System können zwei weitere, später definierte Systeme abgeleitet werden:

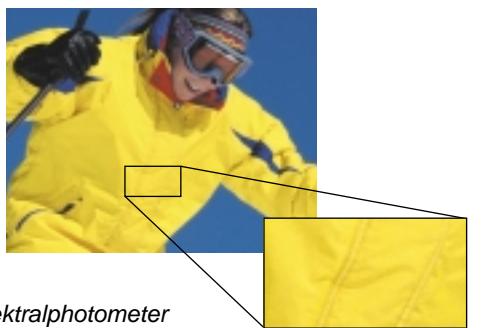
- CIE $L^*a^*b^*$
- CIE $L^*C^*h^*$

Bevor wir mit diesen Werten arbeiten, sollten wir zuerst verstehen, wie sie berechnet werden.

Wie bereits zuvor erwähnt, braucht unser Auge drei Dinge, um Farbe sehen zu können: eine Lichtquelle, ein Objekt und einen Beobachter / Prozessor. Das gleiche gilt auch für ein Meßgerät. Farbmeßgeräte messen Farbe indem sie Licht, das von dem Objekt reflektiert wird in verschiedene Wellenlängen filtern, bewerten und aufzeichnen. Das Meßgerät erhält Zahlenwerte, die das reflektierte Licht und somit die Farbe eindeutig charakterisieren. Die Werte können entlang des sichtbaren Lichtspektrums aufgetragen werden und ergeben die Spektraldata. Die Spektraldata werden als Spektralkurve dargestellt. Diese Kurve ist wie ein Fingerabdruck der Farbe (Abbildung 5).

Sobald uns eine Spektralkurve zur Verfügung steht, können wir durch mathematische Berechnungen diese Farbe in einem Farbraum darstellen.

Dazu nehmen wir die Spektralkurve und multiplizieren sie mit einer von der CIE standardisierten Lichtart. Die verschiedenen Lichtarten repräsentieren exakt und unveränderlich typische Lichtquellen unserer Umwelt, unter denen Farben üblicherweise gesehen und beurteilt werden. Jede Lichtquelle hat eine spezifische Verteilung der Energie, die unsere Wahrnehmung einer Farbe beeinflusst. Beispiele verschiedener Lichtarten sind A - Glühbirne, D65 -



Ein Spektralphotometer misst Spektraldata - d.h. die Lichtmenge, die von einem Objekt in vielen Intervallen entlang des sichtbaren Lichtes reflektiert wird. Die Spektraldata werden als Spektralkurve dargestellt.

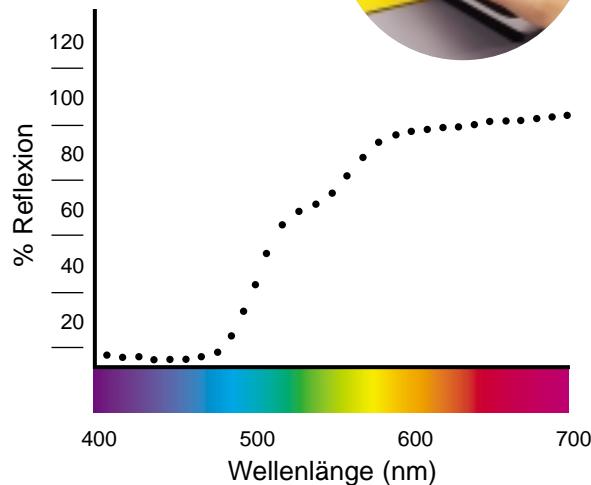


Abbildung 5: Die Spektralkurve eines gemessenen Objektes

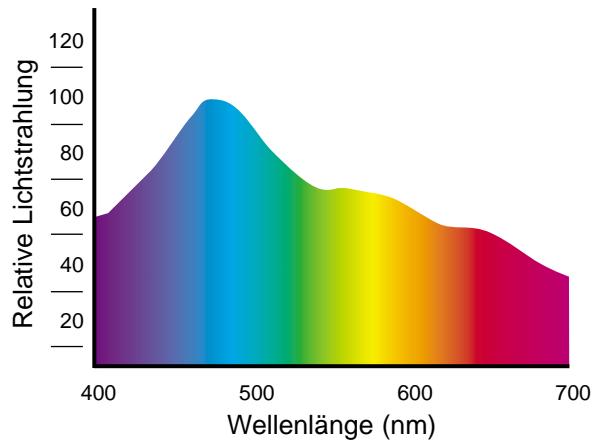


Abbildung 6: Die relative spektrale Strahlungsverteilung von Tageslicht (Normlichtart D65/10°)

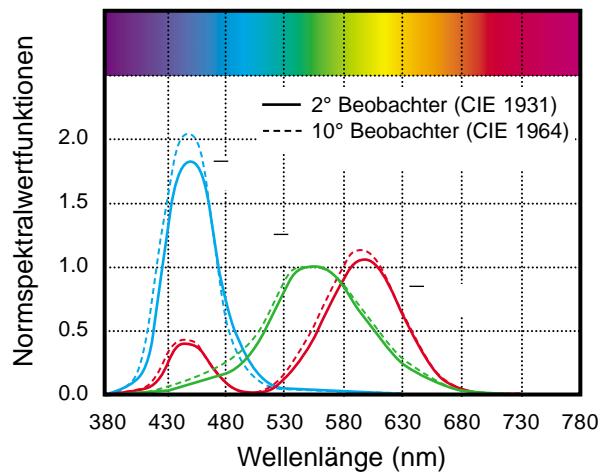


Abbildung 7: CIE 2° und 10° Normalbeobachter

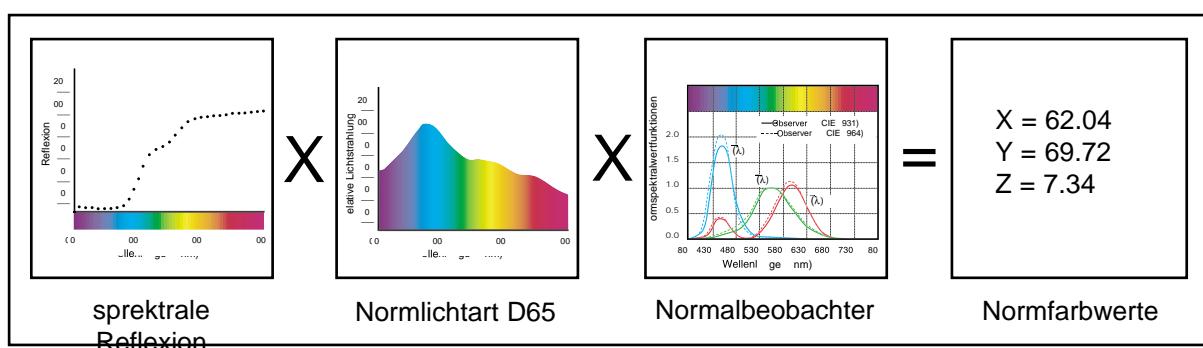


Abbildung 8: Tristimuluswerte

Tageslicht (Abbildung 6) und F2 - fluoreszieren des Licht.

Wir multiplizieren die Ergebnisse dieser Berechnung mit den Tristimuluswerten des CIE-Normalbeobachters. Aus der Arbeit der CIE entstanden 1931 und 1964 Konzepte für zwei verschiedene Normalbeobachter, basierend auf dem Durchschnitt der menschlichen Bevölkerung (Abbildung 7).

Hier werden Zahlenwerte für die Stärke des Reizes angegeben, die ein durchschnittlicher Mensch bei Betrachtung unterschiedlicher Wellenlängen des Lichtes empfindet. Der Normalbeobachter liefert damit die Möglichkeit, eine beliebige Spektralkurve in drei Zahlenwerten, bekannt als Normfarbwerte XYZ, auszudrücken (Abbildung 8). Diese Werte beschreiben eine Farbe numerisch eindeutig.

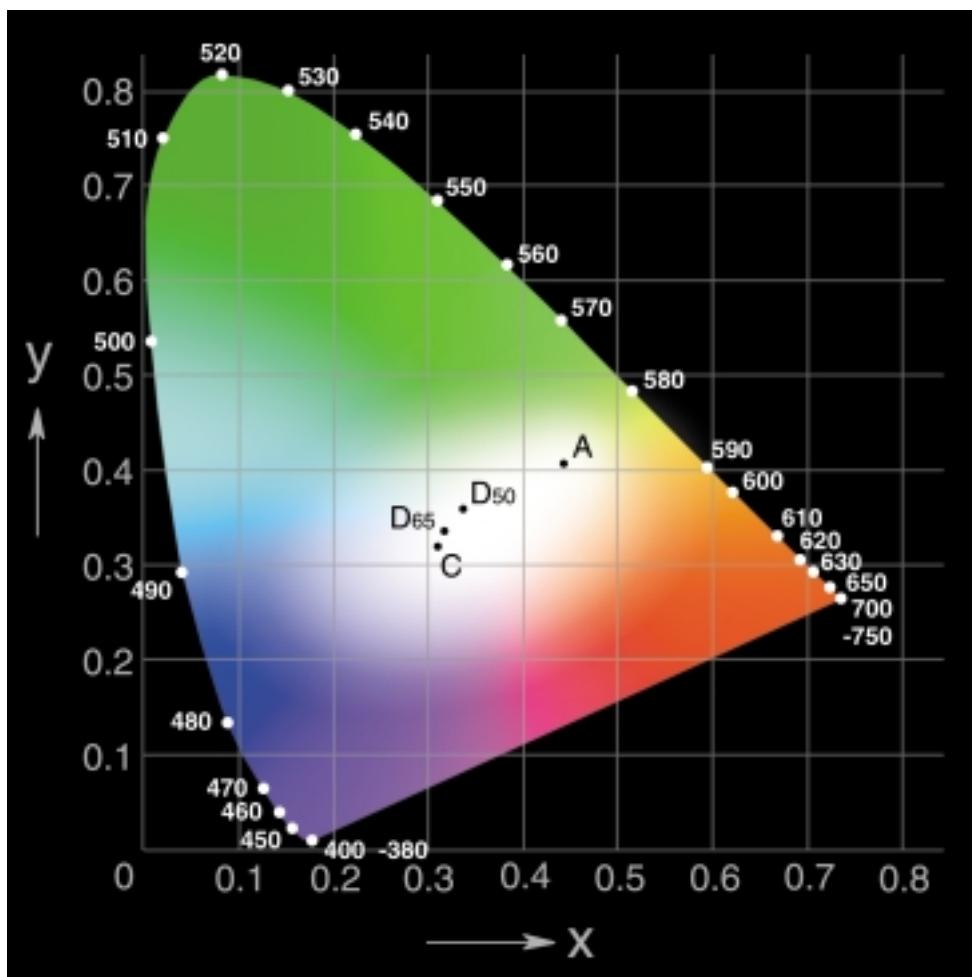


Abbildung 9: CIE 1931 (x,y) Farbtafel

Farbmaßzahlen

Die Normfarbwerte sind leider nur begrenzt zur Beschreibung einer Farbe nutzbar, da sie nur wenig mit den visuell wahrgenommenen Farbeigenschaften korrelieren. Während Y der Helligkeit entspricht, können X und Z nicht Farbton und Buntheit zugeordnet werden.

Als die CIE 1931 den Normalbeobachter einführte, empfahl sie daher die Verwendung der Farbkoordinaten xyz (Normfarbwertanteile). Diese Koordinaten wurden zur Berechnung der Farbtafel in Abbildung 9 verwendet. Die Darstellung im Yxy-System beschreibt die Farbe durch den Helligkeitswert Y und die Farbkoordinaten (x,y), wie die Farbtafel zeigt.

Wie in Abbildung 10 dargestellt, wird der Farbton durch einen Punkt auf dem äußeren Rand der farbigen Fläche definiert. Die Buntheit wird durch den Abstand vom farblosen "Mittelpunkt" (Grau) bis zu den Rändern des Diagramms, wo eine 100%ige Buntheit - der pure Farbton - herrscht, angezeigt.

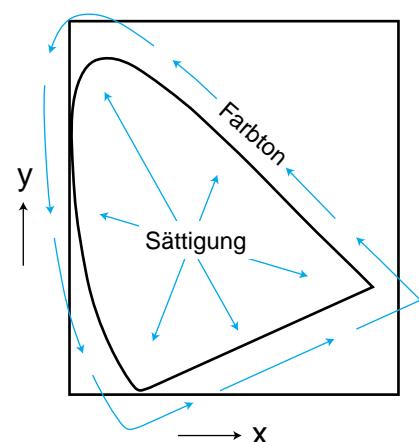
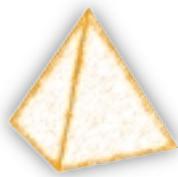


Abbildung 10: Farbtafel



Von Farben zu Zahlen

Um die Einschränkungen zu überwinden, die durch Farbtafeln wie Yxy gegeben sind, publizierte die CIE 1976 zwei alternative, genormte Farbräume: CIELAB ($L^*a^*b^*$) und CIELCH ($L^*C^*h^*$).

Diese Farbräume basieren auf der Gegenfarben-Theorie, die besagt: Eine Farbe kann nie gleichzeitig Rot und Grün, noch gleichzeitig Gelb und Blau sein. Hieraus folgt, daß einzelne Zahlenwerte genügen, um die Gelb/Blau- und Rot/Grün- Eigenschaften einer Farbe hinreichend zu beschreiben.

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

Wird eine Farbe in CIELAB definiert, so beschreibt L^* die Helligkeit, a^* den Rot/Grünwert und b^* den Gelb/Blauwert.

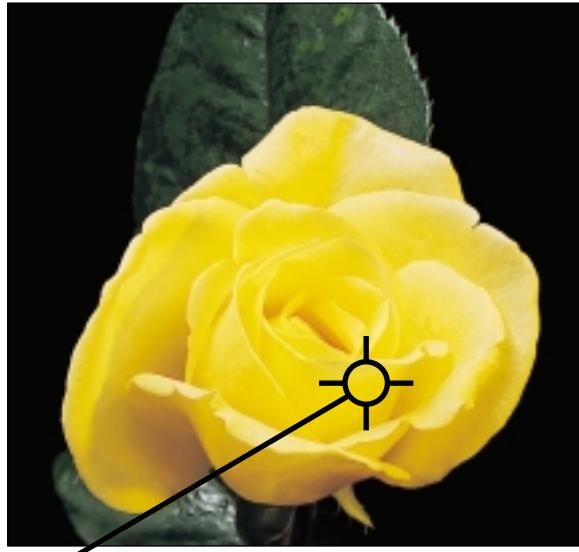
Die Abbildungen 11 und 12 zeigen Farbdigramme für $L^*a^*b^*$. Die a^* -Achse verläuft von links nach rechts. Eine Veränderung des Farbwertes in Richtung $+a^*$ beschreibt einen Wechsel in Richtung Rot. Entsprechend bedeutet eine Verschiebung auf der b^* -Achse in Richtung $+b^*$ einen Wechsel in Richtung Gelb. Die zentrale L^* -Achse (Unbuntachse) zeigt $L^* = 0$ (Schwarz oder totale Absorption) am unteren Ende und $L^* = 100$ (ideales Weiß) am oberen Ende. In der Mitte der Ebene ist die Farbe Grau.

Um zu demonstrieren, wie in $L^*a^*b^*$ -Werten die spezifischen Farben der Blumen A und B dargestellt werden, haben wir ihre Farborte in die CIELAB-Farbtafel in Abbildung 11 eingetragen.

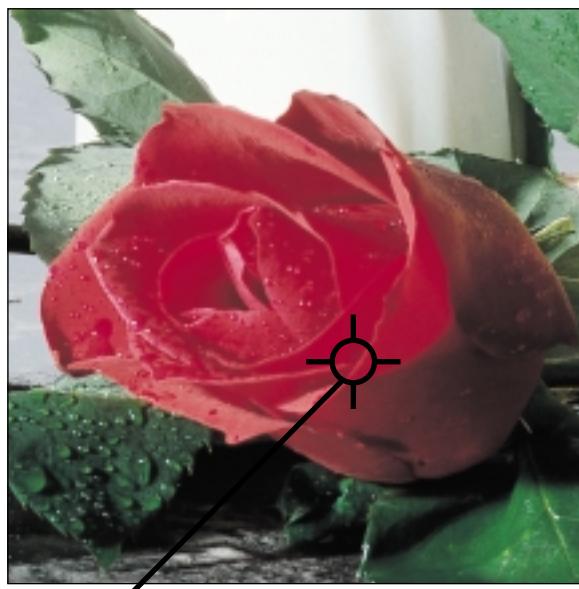
Die a^* - und b^* - Werte für die Farben der Blumen A und B sind in der Abbildung 11 ebenfalls mit den Buchstaben A und B gekennzeichnet. Diese Punkte beschreiben Farbton und Buntheit der Blumenfarben. Bestimmt man noch die L^* -Werte (Grad der Helligkeit), so ist die Farbe jeder Blume eindeutig festgelegt (Abbildung 12).

CIELCH ($L^*C^*h^*$)

Während das CIELAB-System eine Farbe mit Hilfe von kartesischen Koordinaten im Farbraum darstellt, arbeitet das CIELCH-System mit Polarkoordinaten. Die



Blume A : $L^* = 52.99$ $a^* = 8.82$ $b^* = 54.53$



Blume B : $L^* = 29.00$ $a^* = 52.48$ $b^* = 18.23$

Beschreibung der Farbe kann vom CIELAB-System hergeleitet werden. L^* definiert die Helligkeit, C^* spezifiziert die Buntheit und h^* beschreibt den Farbtonwinkel. Das $L^*C^*h^*$ -System hat gegenüber dem CIELAB-System den Vorteil, daß es sich leichter aus den frühe-

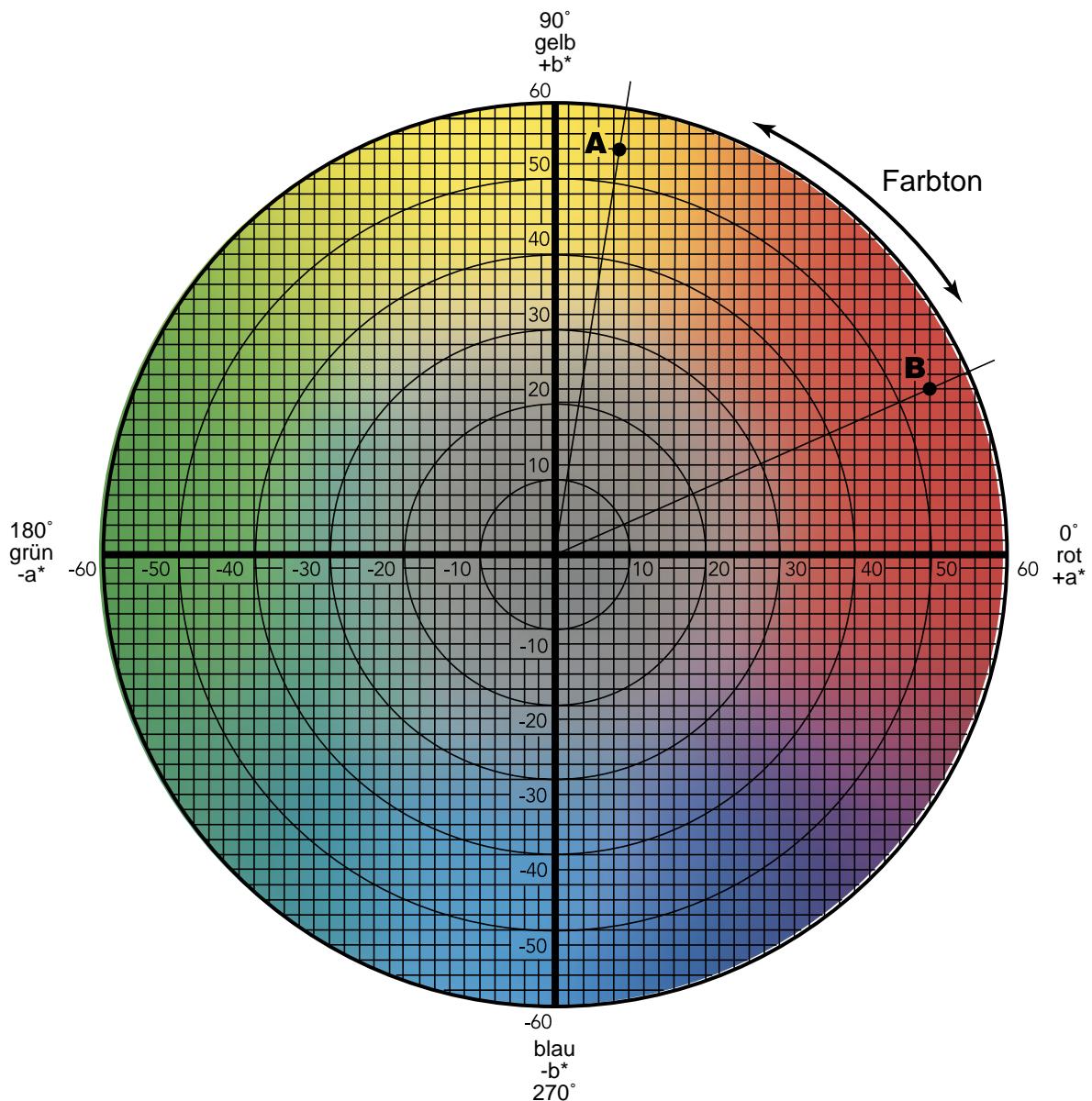


Abbildung 11: CIELAB Farbtafel

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

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

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

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

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

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*)$$

X_n, Y_n, Z_n , sind Werte einer Weißreferenz für den Normalbeobachter der verwendeten Lichtart.

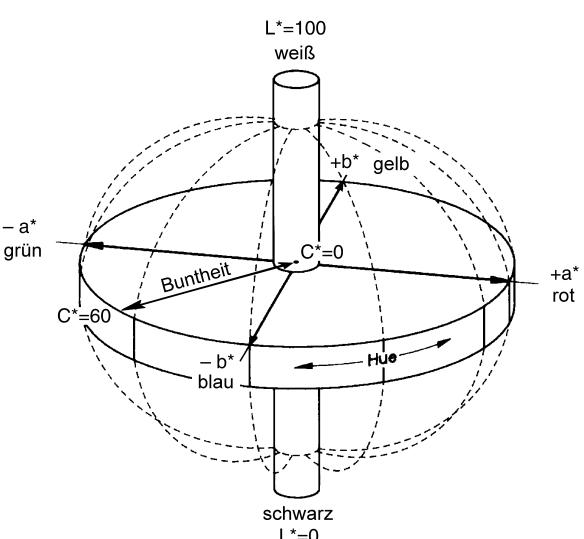
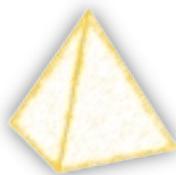


Abbildung 12: Der L^* -Wert wird durch die vertikale Achse dargestellt. Die a^* - und b^* -Werte liegen auf der horizontalen Ebene.



Farbdifferenzen, Erläuterungen und Farbtoleranzen

Die Beurteilung einer Farbe besteht nicht nur in der Zuordnung eines Zahlenwertes. Normalerweise beurteilt man eine Farbe, indem man den Farbabstand zu einem bekannten Standard beschreibt. CIELAB und CIELCH dienen dazu, die Farben von zwei Objekten miteinander zu vergleichen. Um die Farbunterschiede zu beschreiben, verwendet man die Differenzwerte $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ oder $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ und $\Delta L^* \Delta C^* \Delta H^*$ oder $\Delta L^* \Delta C^* \Delta H^*$.

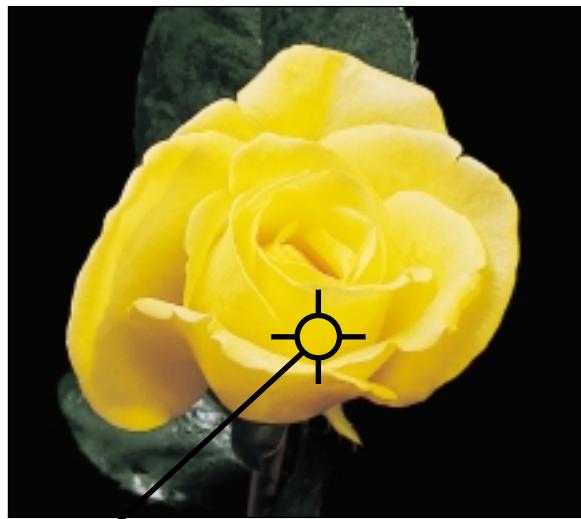
(Δ oder D steht für Delta und meint eine Differenz.)

Mit gegebenen Werten für $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$ kann man den Gesamtabstand zweier Farben im CIELAB System als einzelnen Zahlenwert DE^* angeben:

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

Vergleichen wir die beiden abgebildeten Blumen A und C. Für sich gesehen würde man jede als eine "gelbe" Rose bezeichnen. Doch wie ist das Verhältnis der Farben, wenn man sie nebeneinander betrachtet? Wie groß ist die Farbdifferenz?

Bedienen wir uns der Gleichung $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$, können wir den Farbunterschied zwischen den



Blume A : $L^* = 52.99$ $a^* = 8.82$ $b^* = 54.53$

Blumen A und C folgendermaßen ausdrücken:

$$\Delta L^* = +11.10 \quad \Delta a^* = -6.10 \quad \Delta b^* = -5.25$$

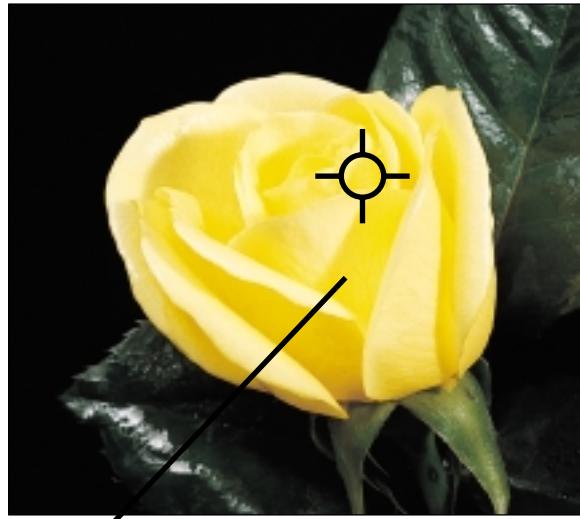
Die Gesamtdifferenz beträgt $\Delta E^* = 13.71$.

Die Farbunterschiede der Blumen A und C sind unten auf dieser Seite abgedruckt. Ein Farbdifferenzwert von -6.10 auf der a^* -Achse bedeutet, die Farbe ist grüner oder weniger rot. Ein Farbdifferenzwert von -5.25 auf der b^* -Achse bedeutet, die Farbe ist blauer oder weniger gelb. Die Farbwerte auf der L^* -Achse mit einer Differenz von +11.10 zeigen, daß die Rose C heller ist als die Rose A.

Vergleichen wir die beiden Blumen im CIELCH System, ergeben sich folgenden Farbabstände:

$$\Delta L^* = +11.10 \quad \Delta C^* = -5.88 \quad \Delta H^* = 5.49$$

Wenden wir uns erneut den beiden unten abgebildeten Blumen zu. Ein ΔC^* -Wert von -5.88 bedeutet, daß die Farbe der Rose C weniger bunt ist. Der ΔH^* -Wert von 5.49 zeigt an, das Blume C weniger rot (grüner) ist, als Blume A. Der L^* und der ΔL^* -Wert sind in beiden Systemen - CIELCH und CIELAB - identisch.



Blume B : $L^* = 64.09$ $a^* = 2.72$ $b^* = 49.28$

Farbdifferenz zwischen Blume C und A
 $\Delta L^* = +11.10, \Delta a^* = -6.10, \Delta b^* = -5.25$
 $\Delta E^*_{ab} = [(+11.1)^2 + (-6.1)^2 + (-5.25)^2]^{1/2}$
 $\Delta E^*_{ab} = 13.71$

Erläuterungen zum CIE Farbraum

ΔL^* = Differenz in der Helligkeit
+ = heller - = dunkel

Δa^* = Differenz auf der Rot-/Grünachse
+ = roter - = grüner

Δb^* = Differenz auf der Gelb-/Blauachse
+ = gelber - = blauer

ΔC^* = Differenz in der Buntheit
+ = brillanter - = blasser

ΔH^* = Differenz im Farbton

ΔE^* = Gesamtwert der Farbdifferenz

Visueller Farbeindruck und Farbtoleranzen

Ein schlechtes Farbengedächtnis, Augenermüdung, Farbfehlsichtigkeit und die Umgebungsbedingungen können das menschliche Auge bei der Beurteilung von Farbdifferenzen beeinträchtigen. Zusätzlich zu diesen Einschränkungen empfindet das Auge Farbabstände in Farbton (Rot, Gelb, Grün, Blau usw.), Buntheit oder Helligkeit nicht gleichermaßen. In der Regel wird ein durchschnittlicher Beobachter zuerst Abweichungen im Farbton, dann Buntheitsdifferenzen und zuletzt Differenzen in der Helligkeit wahrnehmen. Visuelle Farbakzeptanz lässt sich somit am besten als Ellipse darstellen (Abbildung 13).

Somit muß eine Farbtoleranz für ein akzeptables Kontrollsysteem dreidimensional, begrenzt durch einen Helligkeits-, einen Farbton- und einen Buntheitswert sein. Und sie muß mit der visuellen Beurteilung übereinstimmen. Mit den Systemen CIELAB und CIELCH können diese Grenzen festgelegt werden. Weitere Formeln zur Toleranzbestimmung, bekannt als CMC-System und CIE94, stellen die Toleranzräume als Ellipsen dar.

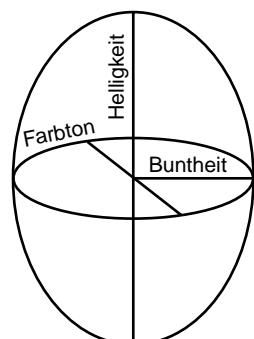


Abbildung 13 : Toleranz als Ellipse

CIELAB Farbtoleranz

Um eine Toleranz im CIELAB System zu definieren brauchen wir Differenzwerte für ΔL^* (Helligkeit), Δa^* (Rot/Grün) und Δb^* (Gelb/Blau). Diese Grenzen lassen sich als rechteckigen Toleranzraum um den Farbstan-

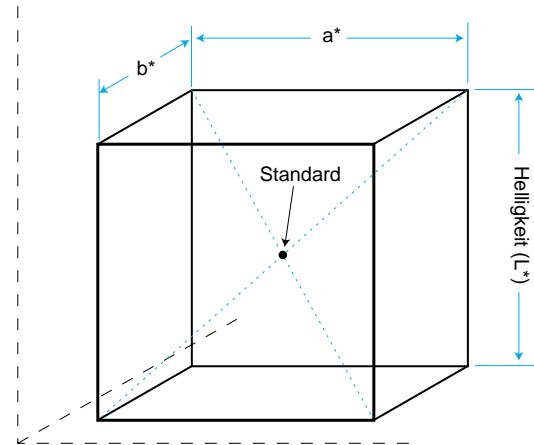


Abbildung 14 : CIELAB Toleranzraum

dard darstellen (Abbildung 14).

Vergleichen wir diesen Toleranzraum mit der visuell akzeptierten Ellipse, treten einige Probleme auf. Eine rechteckige Farbtoleranz um unsere Ellipse gelegt, kann Werte als akzeptabel bewerten, die wir visuell ablehnen würden. Verkleinern wir die rechteckige Farbtoleranz so, daß sie in die Ellipse paßt, werden möglicherweise Werte abgelehnt, die in Ordnung sind (Abbildung 15).

Meßproben innerhalb des Rechtecks und außerhalb der Ellipse sind numerisch korrekt aber visuell abgelehnt.

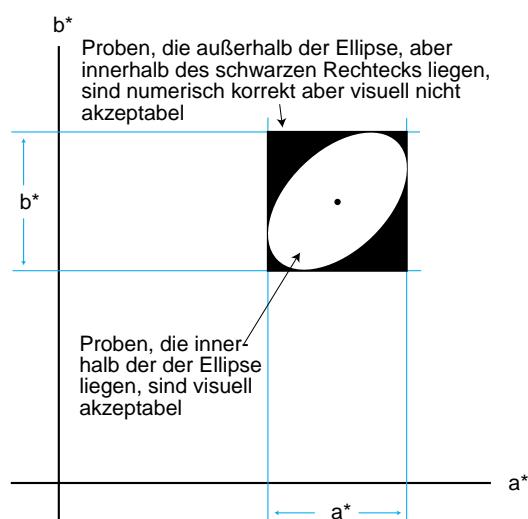


Abbildung 15 : Numerisch korrekt versus visuell akzeptiert

CIELCH Farbtoleranzen

Benutzer des CIELCH Systems legen Toleranzgrenzen für DL^* (Helligkeit), DC^* (Buntheit) und DH^* (Farbtonwinkel) fest. Dadurch entsteht eine keilförmige Toleranz um den Farbstandard herum. Da es sich bei CIELCH um ein Polarkoordinaten-System handelt, kann der Toleranzrahmen in Abhängigkeit des Farbtonwinkels kreisförmig verschoben werden (Abbildung 16). Vergleichen wir diese Toleranzräume mit den

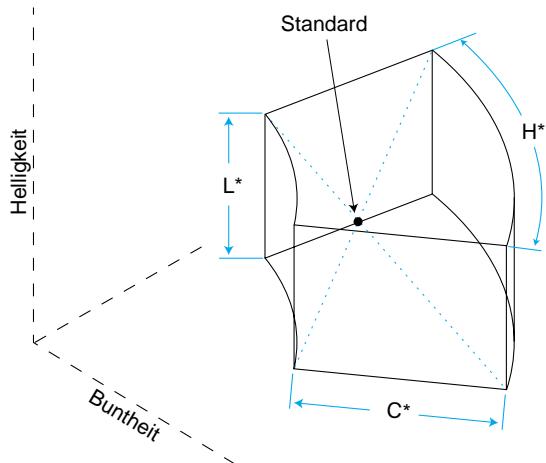


Abbildung 16: Keilförmiger CIELCH Toleranzrahmen

Ellipsen, zeigt sich eine bessere Übereinstimmung mit der visuellen Bewertung. Die Abweichungen zwischen dem Beobachterurteil und den physikalischen Meßwerten wird reduziert (Abbildung 17).

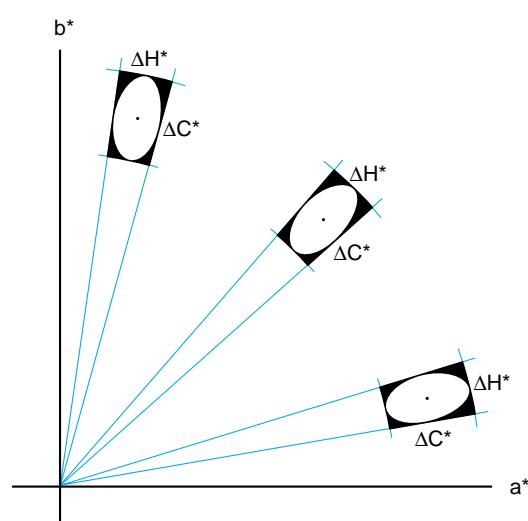


Abbildung 17: CIELCH Toleranzellipsen

CMC-Farbtoleranzen

CMC ist kein Farbraum, sondern ein reines Farbtoleranzsystem. Das CMC-System basiert auf dem CIELCH System und bietet eine bessere Übereinstimmung zwischen der visuellen Bewertung und gemessenen Farbdifferenzen. Das CMC-Farbtoleranzsystem wurde 1988 von dem Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists (Farbmeß -Komitee der Gesellschaft von Färbern und Koloristen) in Großbritannien veröffentlicht.

Das CMC-System ist eine mathematische Berechnung einer Ellipse um den Farbstandard deren Achsen Farbton, Buntheit und Helligkeit entsprechen. Die Ellipse steht für die Menge der akzeptierten Farbmuster und verändert sich in Form und Größe je nach Position des Farbstandards im Farbraum.

Abbildung 18 zeigt die unterschiedlichen Größen und Formen der Ellipse innerhalb des Farbraumes. Die orange farbigen Ellipsen sind länger und schmäler als all die anderen und im grünen Bereich werden sie immer runder. Die Größe und Form der Ellipsen verändert sich zudem in Abhängigkeit von variierenden Buntheits- und/oder Helligkeitswerten.

Die CMC-Gleichung gibt uns die Möglichkeit, die Gesamtgröße der Ellipsen so zu variieren, daß sie besser mit den visuell akzeptierten Proben übereinstimmen. Durch Veränderung des Pass-Fail Limits (cf), kann die Ellipse in ihrer Größe dem visuellen Urteil angepaßt werden. Der Wert cf ist die Toleranz, daß heißt bei einem $cf = 1.0$ werden alle Meßproben mit einem DECMC kleiner 1.0 akzeptiert. Liegen sie über 1.0, werden sie abgelehnt (Abbildung 19).

Das menschliche Auge toleriert bei vielen Proben eine größere Abweichung in der Helligkeit (l) als in der Buntheit (c). Deshalb werden die Gewichtungsparameter $l=2$ und $c=1$ (geschrieben $l:c = 2:1$) festgelegt. Dieser Wert erlaubt eine doppelt so hohe Abweichung der Helligkeit im Vergleich zur Buntheit. Es ist jedoch möglich diesen Verhältniswert der CMC-Parameter so zu verändern, daß eine optimale Übereinstimmung mit der visuellen Beurteilung möglich ist (Abbildung 20).

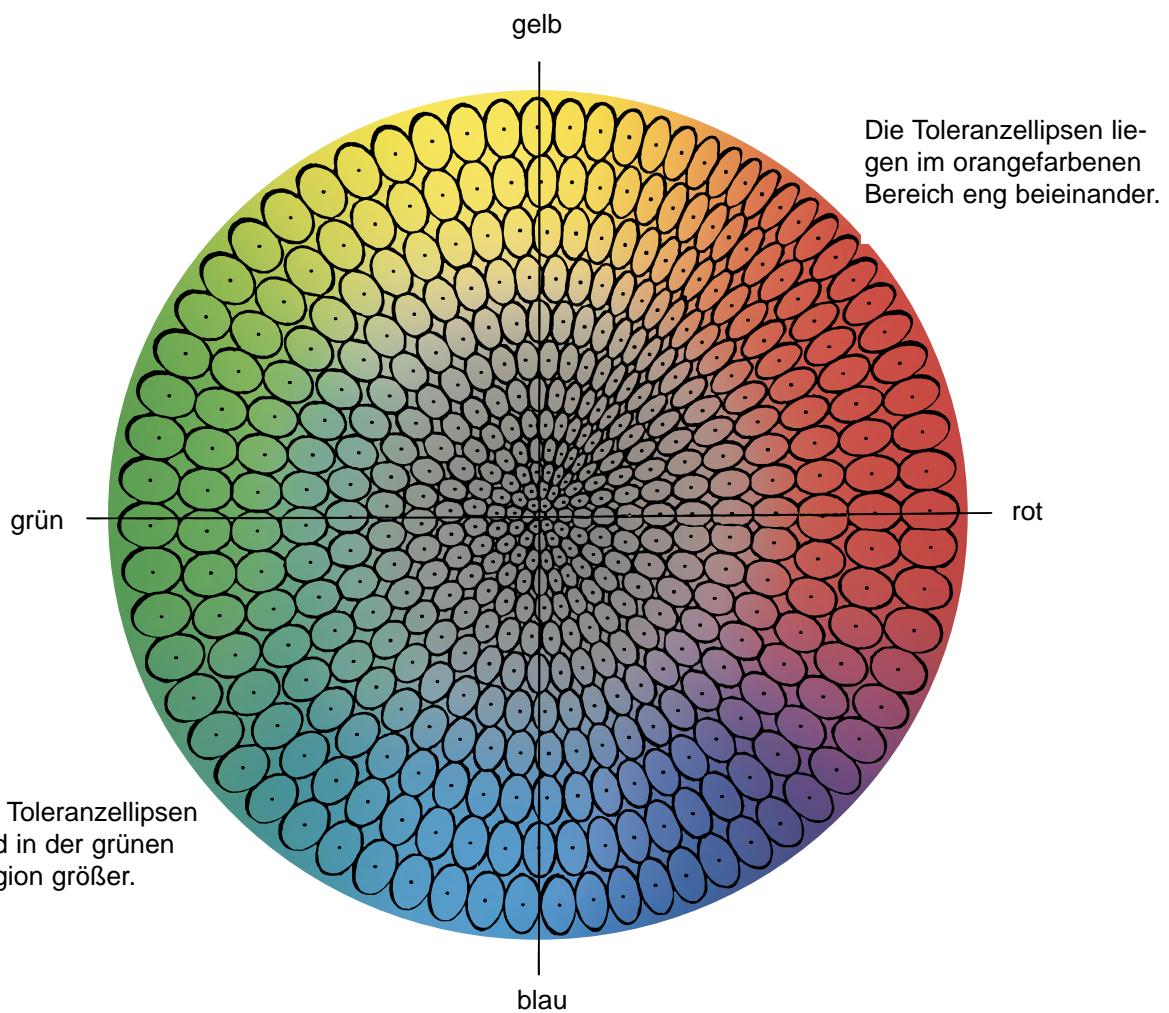


Abbildung 18: Toleranzellipsen im Farbraum

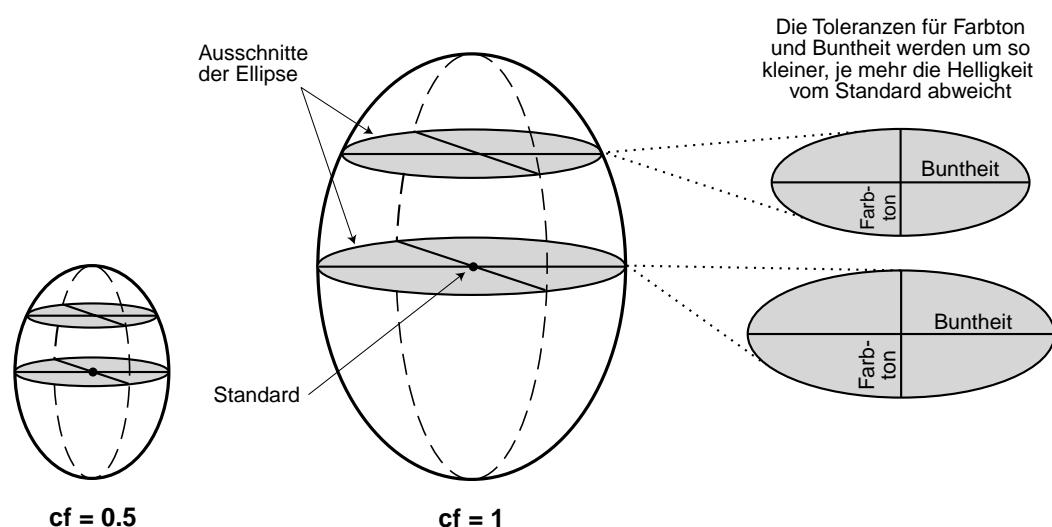


Abbildung 19: Pass-Fail Limit (cf)

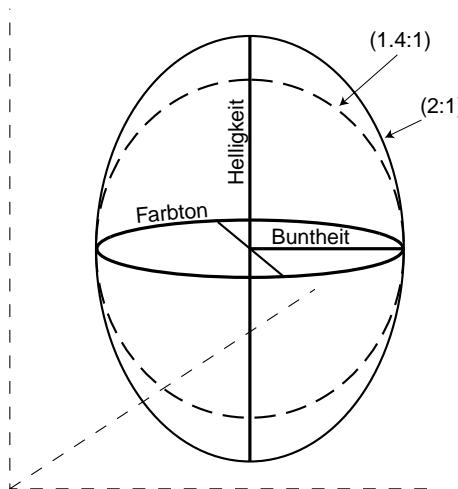


Abbildung 20: CMC-Toleranzellipsen

CIE94 Farbtoleranzen

1994 veröffentlichte die CIE eine neue Toleranzmethode mit dem Namen CIE94. Wie das CMC-System errechnet auch die CIE94-Toleranzmethode eine Ellipse. Der Anwender muß das Verhältnis zwischen der Helligkeit (kL) und der Buntheit (kC) genauso beachten, wie das Pass-Fail Limit (cf). Diese Parameter beeinflussen die Größe und Form der Ellipse ähnlich wie die Parameter $I:c$ und cf der CMC-Formel.

Während das CMC-System hauptsächlich Anwendung in der Textilindustrie findet, wird das CIE94-System in der Farben- und Lackindustrie genutzt. Man sollte die zu messende Oberfläche berücksichtigen, wenn man zwischen den beiden Systemen auswählt. Ist die Oberfläche strukturiert oder ungleichmäßig, ist CMC das bessere System. Ist die Oberfläche glatt und gleichmäßig, ist das CIE94-System die bessere Wahl.

Visuelle Bewertung versus Meßgerät

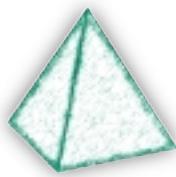
Obwohl keines der Farbtoleranzsysteme perfekt ist, stimmen die CMC- und CIE94- Gleichungen bei der Beurteilung von Farbdifferenzen am

Toleranzmethode	visuelle Über-einstimmung in %
CIELAB	75%
CIELCH	85%
CMC or CIE94	95%

Auswahl des richtigen Toleranzsystems

Bei der Auswahl eines Farbtoleranzsystems, sollte man fünf Regeln beachten (Billmeyer 1970 und 1979):

1. Wählen Sie eine einzige Methode aus und nutzen Sie diese konsequent.
2. Spezifizieren Sie exakt, wie die Berechnungen durchgeführt wurden.
3. Versuchen Sie niemals mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren Werte in verschiedene Toleranzsysteme zu konvertieren.
4. Benutzen Sie berechnete Farbtoleranzen nur als ersten Anhaltspunkt, bis sie durch eine visuelle Beurteilung verifiziert werden können.
5. Vergessen Sie niemals, daß Farben nicht aufgrund von Zahlen akzeptiert oder abgelehnt werden - es zählt, was wir sehen.



Andere Farbindizes

Weiß- und Gelbgrad

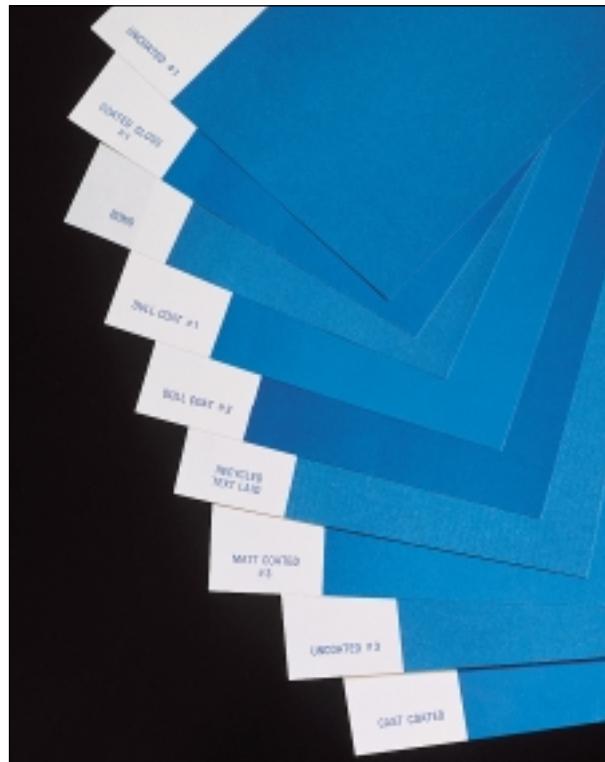
Verschiedene Industriezweige, wie etwa die Farben-, Textil- und Papierindustrie, beurteilen ihre Materialien und Produkte anhand von Weißstandards. Normalerweise ist dieser Weiß-Index ein Maß dafür, wie weiß ein Material aussehen soll, sei es ein Kunststoff, ein fotografiisches Papier oder ein Druckpapier.

Bei manchen Gelegenheiten möchte ein Hersteller auch die Gelb- oder Blautönung seines Materials beurteilen. Dies dient dazu festzustellen, wie weit ein Material von einem gewünschten Weißwert zu einer gelben oder blauen Tönung hin abweicht.

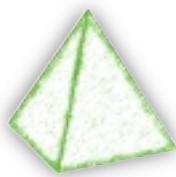
Der Grad der Gelbheit oder Weißheit erlangt Bedeutung, wenn beispielsweise Druckfarben auf Papier gedruckt werden. Eine blaue Farbe, die auf ein hochwertiges weißes Papier gedruckt wird, erscheint in einem anderen Blau, als wenn dieselbe Farbe auf ein Tageszeitungspapier oder ein ähnliches Material aufgebracht wird.

In den USA wurden von der ASTM (American Standards Test Methods) Weiß- und Gelb-Indices festgelegt. Der Weißindex wird zur Messung von fast weißen, opaken Materialien wie Papier, Lack und Kunststoff benutzt. Prinzipiell kann dieser Index für jedes Material verwendet werden, dessen Farbe nahe Weiß liegt.

Der ASTM E313 Gelbindex wird benutzt um festzustellen, wie weit die Farbe einer Probe von einem idealen Weiß abweicht. Der D1925 Gelbindex dient zur Beurteilung von Kunststoffen.



Dieselbe blaue Druckfarbe erscheint unterschiedlich, wenn sie auf Papieren mit verschiedenem Weißgrad gedruckt wird.



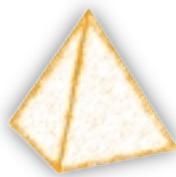
Anwendungen



Die Möglichkeiten zur Anwendung der Spektralphotometrie scheinen grenzenlos zu sein. Messungen von Farbunterschieden werden täglich von all denen vorgenommen, die ein reproduzierbares Objekt mit einem vorgegebenen Standard vergleichen. Hier einige Beispiele für die Anwendung von Spektralphotometern:

- Einheitliche Farbgestaltung des Firmenlogos
- Farbkontrolle von Druckfarben
- Farbkontrolle von Farben und Lacken
- Kontrolle von farbig bedruckten Verpackungen und Etiketten
- Farbkontrolle von gefertigten Teilen, wie Dosen, Kleidung, Schuhe, Zubehörteile der Automobilindustrie, Kunststoffteile aller Art





Computergestützes Arbeiten

X-Rite Spektralphotometer und Spektraldensitometer besitzen eine patentierte Computerschnittstelle (Remote Control Interface - RCI), die vielseitige Möglichkeiten zur Verarbeitung von Meßdaten eröffnet. Für normale Aufzeichnungen und Archivierung können die Daten an einen Drucker übertragen werden, der direkt einen Ausdruck erstellt.

Über die simple Aufzeichnung hinaus können die Meßgeräte die Daten an jeden PC oder andere Systeme übermitteln, die eine serielle Schnittstelle (RS 232) bereitstellen. Die Daten können dann dargestellt, gespeichert, statistisch ausgewertet oder graphisch aufbereitet werden.

Über die Schnittstelle können Sie Ihr Meßgerät vom Computer aus steuern. Sie können Nachrichten und Anweisungen schreiben, die im Display des Gerätes erscheinen. Dadurch wird die Durchführung der Messung einfacher, präziser und bedienerfreundlicher.

X-Rite hat spezielle Softwarepakete entwickelt, mit denen die Farbmeßdaten der Spektralphotometer gespeichert, verarbeitet und graphisch dargestellt werden können.

QA-Master® 2000 ist ein Softwareprogramm auf Windows® Ebene zur Qualitätssicherung für X-Rite Meßgeräte mit Mehrwinkel-, 0°/45°-, und Kugelgeometrie. Die Software nutzt die Technologie von Client-/Serverdatenbanken, um Daten zu speichern und ist mit Windows NT und SQL kompatibel.

Das leistungsstarke und benutzerfreundliche Softwarepaket QA-Master 2000 bietet viele Darstellungsmöglichkeiten, wie beispielsweise Trendverläufe und Graphiken in einer Reihe von Farbmaßsystemen. Mit der Software können Sie Daten farbmetrischer Dichte, CMC- und CIE94-Farbdifferenzen, Metamerie nach DIN und CIE L*a*b*- und L*C*h°-Werte analysieren.

Messen mit System...



QA-Lite® ist ein kostengünstiges Softwarepaket mit eingeschränkter Datenbankfunktionalität zur professionellen Farbkontrolle, das besonders einfach zu bedienen ist. Das Programm ist Windows 95/98/NT kompatibel und begleitet den Anwender Schritt für Schritt durch die grundlegenden Farbprüfungen mit nur einem Klick auf die "Genie"-Taste am Bildschirm.

Doch nur weil die QA-Lite Software so einfach zu bedienen ist, heißt dies nicht, daß es ihr an Leistung fehlt. Dieses 32-Bit Softwarepaket ist der Marktführer in Puncto Qualitätssicherung für Farben. Da QA-Lite eine Reihe von Funktionen des QA-Master 2000 enthält, bietet es Möglichkeiten, die mit keiner anderen Software in dieser Preiskategorie möglich sind.

ColorMail® ist ein Softwarepaket zur schnellen und einfachen Übertragung von Farbdaten. Die Daten können an jeden Ort, der über einen Internet-/Intranet-Anschluß verfügt, übertragen werden, beispielsweise zu Produktionsstätten, Kunden, Verkäufern, Personal vor Ort oder zu einem Heimbüro.

Mit ColorMail 2.0 haben Sie die Möglichkeit Ihrem Kunden schnell und präzise Antworten zu geben. Sie können ausgehende Ware begutachten, bevor sie verschickt wird, eine Farbe verifizieren, Lagerbestände überprüfen, ein Angebot für eine Farbrezeptur abgeben oder eine Bestellung von außerhalb innerhalb von Sekunden aufgeben. ColorMail 2.0 arbeitet innerhalb aller Email und Internet Kommunikationssysteme mit Hilfe einer einfachen drag-and-drop Funktion.

Paint-Master® ist eine ausgereifte Windows-Software zur Farbrezeptierung. Sie hilft Ihnen die kostspieligen Mischversuche einer Nachtönung zu reduzieren. Außerdem unterstützt Paint-Master Sie bei der Weiterverarbeitung von Farbresten. Das Programm erlaubt Ihnen überschüssiges Material in neuen Rezepturen zu verwenden.

Das Wichtigste an einer kostensenkenden Softwarelösung ist ihre Genauigkeit, eine klare Information und eine absolut einfache Handhabung. Paint-Master ist ein leistungsstarkes, hochgenaues Werkzeug zur Farbrezeptierung, das die Farbinformationen deutlich und in einem bedienerfreundlichen Format darstellt. Darüber hinaus ist der Paint-Master so einfach zu bedienen, daß Sie direkt damit beginnen können Zeit und Geld bei der Rezeptierung zu sparen.

Plastik-Master® ist ein Rezeptierprogramm auf Windowsebene, das für die X-Rite Spektralphotometer entwickelt wurde. Die Flexibilität eines Windowsprogrammes ermöglicht dem Bediener, je nach Wunsch, den einzelnen Darstellungen viel oder wenig Information hinzu zufügen. Viele der Funktionen entsprechen denen des Paint-Masters.

Textile-Master® ist ein Farbrezeptierprogramm für Textilfarben auf Windowsebene, entwickelt für die X-Rite Spektralphotometer. Dieses Programm ist auf die speziellen Anforderungen der Textilbranche, wie Ausziehfärberei, Kontinuiefärberei und Textildruck abgestimmt. Die Flexibilität eines Windowsprogrammes ermöglicht dem Bediener, je nach Wunsch, den einzelnen Darstellungen viel oder wenig Information hinzu zufügen.

Ink-Master® ist ein Farbrezeptierprogramm für Druckfarben auf Windowsebene, entwickelt für die X-Rite Spektralphotometer. Dieses Programm ist ein umfassendes Laborpaket für den Druckfarbenhersteller und den Drucker. Ink-Master ist für alle Arten von Druckfarben, wie Flexo-, Tiefdruck und Offset-Druckfarben einsetzbar.



Glossar

Absolutes Weiß - Theoretisch ist dies ein Material, das alle Lichtenergie innerhalb des sichtbaren Spektrums reflektiert. In der Praxis ist es ein beständiges Weiß, von dem die Reflexionswerte bekannt sind und das als "Weißstandard" dient. Dieser Standard stellt das absolute Weiß für die nachfolgenden Messungen dar. Beim Kalibrieren eines Spektralphotometers wird häufig eine weiße Keramikplatte als absoluter Weißstandard gemessen.

Absorbieren /Absorption - Umwandlung der Energie von elektromagnetischen Wellen in andere Formen von Energie (z.B. Wärme) in Folge Interaktion mit dem beleuchteten Material; eine Abnahme von gerichteter Transmission der vorkommenden Strahlung, hervorgerufen durch die Modifikation oder Umwandlung der absorbierten Energie.

Additive Primärfarben - Rotes, grünes und blaues Licht. Mischt man die drei additiven Primärfarben mit einer Intensität von 100%, erhält man weißes Licht. Werden diese drei mit unterschiedlicher Intensität gemischt, entsteht eine Vielzahl von Farben. Kombiniert man zwei dieser Grundfarben zu 100%, erhält man entweder Cyan, Magenta oder Gelb:

100% Rot + 100% Blau = Magenta

100% Rot + 100% Grün = Gelb

100% Grün + 100% Blau = Cyan

Siehe Subtraktive Primärfarben

Attribut - Charakteristische Eigenschaften eines Reizes, einer Empfindung oder einer Erscheinungsart. Farben werden häufig mit Hilfe ihrer Attribute Farbtonwinkel, Buntheit und Helligkeit beschrieben.

Beobachter - Das menschliche Auge/der menschliche Beobachter, das/der einen Reiz empfängt und eine Empfindung davon ableitet. Der Reiz ist visueller Art und die Empfindung ist ein Erscheinungsbild.

Beobachter standardisiert - siehe Normalbeobachter

Brillanz - Das Attribut der Farbwahrnehmung, das den Abstand einer Farbe von einem Grau der gleichen Helligkeit angibt. Alle Grautönen haben eine Brillanz von Null (ASTM).

Siehe Buntheit.

C* - Kürzel für Buntheit.

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) - Internationale Beleuchtungskommission, die wichtigste internationale Institution zur Schaffung von Farbsystemen und Farbmessnormen.

CIE 1976 L*a*b* Farbraum - Ein einheitlicher Farbraum, der mit Hilfe einer Adams-Nickerson-Kubikwurzel-Formel zu einer angenähert empfindungsgemäß gleichabständigen Darstellung gelangt. Der Farbraum wurde von der CIE 1976 eingeführt.

CIE 1976 L*u*v* Farbraum - Ein 1976 eingeführter, einheitlicher Farbraum, der bei additiver Farbmischung, z.B. beim Farbfernsehen, oder beim Arbeiten mit zusammengesetzten Farbtönen Verwendung findet.

CIE Normfarbwerte - siehe Normfarbwerte (CIE)

CIE Farbdiagramm - siehe Farbdiagramm (CIE)

CIE Farbkoordinaten - siehe Farbmaßzahlen CIE

CIE Luminanzfunktion (V(l)) - siehe Luminanzfunktion (CIE)

CIE Normalbeobachter - siehe Normalbeobachter (CIE)

CIE Standardlichtarten - siehe Standardlichtarten (CIE)

CIE Tageslichtarten - siehe Tageslichtarten (CIE)

CIELAB (oder CIE L*a*b*) - Farbraum, in dem die Werte L*, a* und b* als kartesische Koordinaten dargestellt werden. Gleiche Abstände in diesem Farbraum entsprechen in etwa gleichen Farbunterschieden. Der Wert L* steht für die Helligkeit; der Wert a* steht für die Rot-/Grünachse, und der Wert b* steht für die Gelb-/Blauachse. Für die Messung von reflektierenden und durchscheinenden Materialien ist CIELAB ein anerkanntes Farbsystem.

CMC (Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists of Great Britain) - Diese Organisation entwickelte und veröffentlichte 1988 eine Gleichung zur Beschreibung von Farbabweichungen, die dem menschlichen Urteil näher kommt. Mit dem L*C*h°-Farbraum als Grundlage, gibt CMC ellipsenförmige Toleranzräume an. DE-Werte (siehe Delta E*) werden als Alternative zu den Recht-eckkoordinaten des CIELAB-Systems angegeben.

Colorimeter - Ein optisches Meßgerät, das Farbe ähnlich wie das menschliche Auge erfaßt - indem es reflektiertes Licht nach den drei wesentlichen Bereichen Rot, Grün und Blau filtert.

Colorimetrisch - ... Werte, welche die Anteile der farbigen Lichter oder Rezeptoren - Rot, Grün und Blau - angegeben.

D65 - Die CIE-Normlichtart für Tageslicht mit einer

Farbtemperatur von 6504K. Das ist die Lichttemperatur, die am häufigsten zur Beurteilung in Lichtkabinen/Abmusterungskabinen genutzt wird. Siehe Kelvin (K).

Delta (D oder D) - Ein Symbol zur Beschreibung von Abständen oder Differenzen.

Delta E* - Die Gesamtabweichung zweier Farben mit Hilfe einer Gleichung berechnet (DE*ab oder DECMC). Bei der Entwicklung von Farbtoleranzen ist DE häufig eine Kennzahl für die Pass-/Fail-Bewertung.

Dreibereich - Bestehend aus drei Reizen; üblich zur Beschreibung der Komponenten der additiven Farbmischung, die benötigt werden, um eine bestimmte Farberscheinung hervorzurufen (Tristimulus).

Dreibereichs-Colorimeter - Ein Meßgerät zur Messung von Dreibereichswerten. Es wandelt diese Werte in Farbmaßzahlen um.

Elektromagnetisches Spektrum - Das breite Spektrum von elektromagnetischen Wellen, das in unserer Umwelt vorkommt. Die unterschiedlichen Wellenlängen haben verschiedene Eigenschaften, die meisten sind für den Menschen unsichtbar - und manche überhaupt nicht wahrzunehmen. Nur die Wellenlängen zwischen 380 und 720 Nanometer sind - als Licht - sichtbar. Außerhalb dieser Wellen des sichtbaren Spektrums liegen Wärme-, Gamma- und Röntgenstrahlen, Mikro- und Radiowellen.

Erscheinungsbild - Beschreibung eines Objektes oder Materials aufgrund seiner visuell erkennbaren Eigenschaften, wie Größe, Form, Farbe, Struktur, Glanz, Transparenz.

Farbattribute - Eine dreidimensionale Charakteristik der Erscheinung eines Objektes. Ein Parameter definiert in der Regel die Helligkeit, die anderen beiden definieren gemeinsam die Farbigkeit.

Farbdifferenz / Farbunterschied - Die Größe und Art des Unterschiedes zwischen zwei Objektfarben unter festgelegten Bedingungen.

Farbe - Ein Aspekt der Erscheinung eines Gegenstandes; ein Reiz des Auges, durch Lichteinfluß hervorgerufen, bestehend aus den drei Parametern Farbton, Buntheit und Helligkeit.

Farbig / bunt - Art der Erscheinung, der ein Farbton zugeordnet werden kann, also nicht Weiß, Grau oder Schwarz.

Farbkoordinaten (CIE) - Das Verhältnis der drei einzelnen Farbwerte X, Y und Z zur Summe dieser drei - bezeichnet als x, y und z. Sie werden auch Farbwertanteile genannt. Werden sie ohne zusätzliche Bezeichnung notiert, wurden sie für die Lichtart C und den 2° (1931) Normalbeobachter berechnet. Wurden die Werte für eine andere Lichtart oder einen anderen Beobachter ermittelt, muß die entsprechende Lichtart bzw. der Beobachter erwähnt werden. So sind beispielsweise x_{10} und y_{10} Farbkoordinaten für den 10° Normalbeobachter bei der Lichtart C.

Farbmaßzahlen - Farbwerte, Farbkoordinaten und Luminanzwerte, oder andere Farbskalenwerte, die dazu dienen, eine Farbe durch Zahlenwerte in ein Farbsystem einzuordnen.

Farbmessung - Physikalische Messung abgestrahlten, transmittierten oder reflektierten Lichtes von einem Objekt unter definierten Bedingungen und mathematische Umrechnung in standardisierte farbmétrische Maße. Diese Maße können in Beziehung zu der visuellen Beurteilung einzelner Farben zueinander gesetzt werden.

Farbmittel - Substanzen, mit denen Materialien eingefärbt werden können. Oberbegriff zu Farbstoff (löslich) und Pigment (nichtlöslich) Farbordnungssysteme - Systeme zur Beschreibung von Farben in einer dreidimensionalen Anordnung. Zur Ordnung von Farben sind drei Grundlagen möglich: 1) die Erscheinung als Grundlage (z.B. eine psychologische Grundlage) mit den Parametern Farbton, Buntheit und Helligkeit; ein Beispiel ist das Munsell-System; 2) die Additive Farbmischung als Grundlage (z.B. eine psychophysikalische Grundlage); Beispiele sind das CIE System und das Ostwald-System; und 3) die subtraktive Farbmischung als Grundlage, ein Beispiel ist das Plochere-Farbsystem oder die Mischung von Druckfarben.

Farbenrad - Die Farben des sichtbaren Spektrums des Lichtes kontinuierlich in einem Kreis angeordnet, wobei komplementäre Farben, wie Rot und Grün jeweils sich gegenüber angeordnet sind.

Farbraum - Dreidimensionaler Raum, der alle möglichen Farben beinhaltet. Die Dimensionen können in verschiedenen Geometrien beschrieben werden, dadurch entstehen verschiedene Formen des Farbraumes.

Farbsystem - Eine Farbmaßskala oder ein System, das die wahrgenommenen Attribute der Farbe numerisch beschreibt. Farbsysteme finden in graphischen Computerauswertungen oder bei Farbmeßgeräten ihre Anwendung.

Farbtafel (CIE) - Eine zweidimensionale Graphik, welche die Farbmaßzahlen darstellt (x auf der Abszisse und y auf der Ordinate). Die Graphik zeigt die spektrale Verteilung (Verteilung der Farben entlang des sichtbaren Lichtes von 380 - 770nm). Diese Darstellung bietet Vorteile beim Vergleich von selbstleuchtenden und nicht leuchtenden Materialien.

Farbtemperatur - Eine Messung der Farbe des Lichtes, das ein schwarzer Körper abstrahlt, während dieser erhitzt wird. Die Messung wird in Grad Kelvin angegeben. Niedrige Temperaturen, wie 2400K entsprechen Rot; höhere Temperaturen, wie 9300K entsprechen Blau. Die Temperatur für neutrales Weiß liegt bei 6504K.

Farbton - 1) Das erste Element im Farbordnungssystem, definiert als das Attribut, daß uns bei der Unterscheidung zwischen Rot und Grün, Gelb und Blau usw. hilft. Munsell definierte fünf Hauptfarbtöne (Rot, Gelb, Grün, Blau und Purpur) und fünf Zwischenfarben.

schenfarbtöne (Gelb-Rot, Grün-Gelb, Blau-Grün, Purpur-Blau und Rot-Purpur). Diese 10 Farbtöne (mit ihren englischen Initialen abgekürzt R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P und RP) werden gleichmäßig im Kreis angeordnet und in 100 visuell gleichabständige Schritte unterteilt. Der Nullpunkt liegt am Beginn des Rotsektors. Benachbarte Farben innerhalb dieses Kreises ergeben durch Mischung fortlaufende Farbvariationen von einem zum nächsten Farbton. Die Farben dieses Kreises sind alle farbig. 2) Das Attribut, das darüber entscheidet, ob ein Objekt als Rot, Grün, Blau oder anders eingestuft wird. Weiß, Schwarz und Grau haben keinen Farbton.

Farbwerte (CIE) [Normfarbwerte (DIN)] - Anteile der Komponenten in einer additiven Farbmischung von drei Farben, notwendig um Farbe zu beschreiben; im CIE-System werden sie als X, Y und Z bezeichnet. Die eingesetzte Lichtart und der Normalbeobachter müssen genannt werden; es sei denn es handelt sich um den 2° Beobachter (1931) und die Lichtart C. Die erhaltenen Werte beruhen auf der verwendeten Integrationsmethode, dem Verhältnis der Beschaffenheit des Objektes und der Möglichkeit des Meßgerätes die Reflexion oder Transmission zu messen. Farbwerte sind deshalb keine Absolutwerte zur Beschreibung eines Objektes, sondern relative Werte in Abhängigkeit von der Methode mit der sie erfaßt wurden. In Annäherung an die CIE-Farbwerte erhält man bei der Messungen mit einem Dreibereichs-Colorimeter Werte normiert bis 100. Diese müssen dann in entsprechende CIE-Farbwerte umgerechnet werden. Diese Messungen über Filter sollten richtiger als R, G und B anstelle von X, Y und Z bezeichnet werden.

Glanz - Ein zusätzlicher Parameter, der bei der Definition eines Farbstandards entscheidend ist. Neben Farbton, Helligkeit und Buntheit spielt die Oberflächenbeschaffenheit eines Materials eine Rolle, sowie Metallic- oder Pearleffekte. Glanz ist eine zusätzliche Größe, die auch in dem Munsell Farbtoleranz System auftauchen sollte. Als allgemeine Richtlinie zur Beurteilung von Glanz gilt: Je größer der Glanzanteil, desto dunkler erscheint die Farbe des Objektes. Umgekehrt erscheint das Objekt um so heller, je kleiner der Glanzanteil ist.

Glanz wird in Glanzeinheiten gemessen, die den Winkel, bei dem der Glanz gemessen wurde, und den Glanzwert beinhalten (z.B. 60° Glanz = 29.8). Eine 60°-Geometrie wird von der ASTM (American Society for Testing and Materials) Standard D523 zur Bewertung des Glanzes empfohlen.

Grauskala - Eine farblose Skala von Schwarz über eine Reihe von heller werdenden Grautönen bis hin zu Weiß. Solch eine Skala dient entweder zur Darstellung gleicher Farbabstände (ähnlich der Munsell Werteskala), oder sie wird aus anderen Kriterien, wie einer geometrische Reihe in Abhängigkeit von der Helligkeit, erstellt. Diese Skalen dienen dazu, den Abstand zweier ähnlicher Farben zu beschreiben.

Helligkeit - Die Empfindung, durch die sich weiße Objekte von grauen, und hellfarbige von dunkelfarbi gen unterscheiden

Kelvin (K) - Meßeinheit für die Farbtemperatur. Die Kelvin-Skala beginnt bei Null, dies entspricht ca. -273° Celsius.

Kolorist - Eine Person, die in der Kunst der Farbrezeption geschult ist und sich mit dem Verhalten der farbgebenden Substanzen in den einzelnen Materialien auskennt.

Komplementärfarben - Zwei Farben, die ein neutrales Grau ergeben, wenn man sie mischt. Auf einem Farbraud liegen sich die Komplementärfarben direkt gegenüber: Blau/Gelb, Rot/Grün usw.

Kontrast - Die Größe des Abstandes von hellen zu dunklen Stellen in einem Bild / Foto.

Künstliches Tageslicht - Begriff für eine Lichtquelle, die mit Hilfe von Filtern versucht, die Farbe und spektrale Verteilung von Tageslicht zu simulieren. Eine etwas genauere Beschreibung der Lichtquelle ist vorzuziehen.

Leucht- / Strahlungskörper - Ein Objekt das Licht abgibt. Lichtstrahlung entsteht normalerweise durch eine chemische Reaktion (Verbrennung), durch Kernfusion (Sonnenlicht) oder das Erhitzen des Glühfadens einer Glühbirne.

Leuchtstofflampe - Ein Glaskörper gefüllt mit Quecksilbergas und im Inneren mit einer lumineszierenden überzogen. Wird das Gas mit einem elektrischen Impuls geladen, entsteht eine Strahlung. Diese aktiviert die Substanz zum Leuchten (lumineszieren).

Licht - Elektromagnetische Strahlung, die ein menschlicher Beobachter durch seine visuellen Sinne wahrnimmt, ausgelöst durch eine Stimulation der Retina des Auges. Dieser Anteil des Spektrums beinhaltet die Wellenlängen von 380-770nm. Spricht man von ultraviolettem Licht, ist dies nicht korrekt. Das menschliche Auge kann die Strahlungsenergie im ultravioletten Bereich nicht wahrnehmen.

Lichtart - Mathematische Beschreibung der relativen spektralen Verteilung der Energie einer realen oder imaginären Lichtquelle - z.B. die relative Energie ausgestrahlt von einer Quelle bei jeder Wellenlänge ihres Emissionsspektrums. Häufig werden "Lichtquelle" oder "Lampe" synonym verwendet, dies ist allerdings nicht empfehlenswert.

Lichtart A (CIE) - Licht einer Glühlampe, gelboranger Farbe, mit einer entsprechenden Farbtemperatur von 2856K. Dieses Licht wird im Wellenlängenbereich von 380 bis 770nm definiert.

Lichtart C (CIE) - Tungsten Lichtquelle, die durchschnittliches Tageslicht simuliert, bläulich in der Farbe, mit einer Lichttemperatur von 6774K.

Lichtarten D (CIE) - Tageslicht Lichtquellen, definiert von 300 bis 830nm (der Anteil im UV-Bereich von 300 bis 380nm ist notwendig, um fluoreszierende Farbstoffe oder Pigmente zu beschreiben). Diese Lichtarten sind mit einem D sowie mit einem Zusatz, der die Farbtemperatur angibt, gekennzeichnet. D65 wird am häufigsten eingesetzt und hat eine Farbtem-

peratur von 6504K, ähnlich der Lichtart C. Die Messung der spektralen Lichtverteilung des Tageslicht ist die Grundlage für diese Lichtarten.

Lichtquelle - Ein Objekt, das Licht oder Strahlungsenergie abgibt, die das menschliche Auge erfassen kann. Die Strahlungsmenge der Lichtquelle wird über den relativen Anteil der Strahlungsenergie bei den einzelnen Wellenlänge innerhalb des sichtbaren Spektrums ermittelt. So wird die Lichtquelle als Lichtart beschrieben. Die Strahlung kann auch als Farbtemperatur angegeben werden.

Luminanzfunktion (V(l)) (CIE) - Ein Kurvenzug, der die relative Größe der Augenempfindlichkeit als eine Funktion der Wellenlängen zwischen 380nm und 780nm darstellt. Von der CIE 1924 erarbeitet.

Meßbereich - Der Bereich in dem ein Meßgerät Werte erfassen kann, von der geringsten Menge, die es wahrnehmen, bis zu der höchsten Menge, die es verarbeiten kann.

Metamerie - Ein Phänomen, das bei zwei Farbproben auftritt, wenn diese bei einer oder auch mehreren Lichtarten (real oder berechnet) übereinstimmen, bei anderen Lichtarten aber farblich voneinander abweichen.

Munsell Farbsystem - Ein System zur Bestimmung einer Farbe mit den drei Attributen Farbton, Buntheit und Helligkeit durch den visuellen Abgleich der Probe mit dem Munsell-Farbmusterbuch.

Nanometer (nm) - Längeneinheit, entspricht 10^{-9} Meter (d.h. ein Billionstel eines Meters).

Normalbeobachter - 1) Ein errechneter hypothetischer Beobachter, der die 1931 für einen 2° Beobachtungswinkel ermittelten Spektralempfindungswerte besitzt. Ein alternativer Beobachter mit einem größeren 10° Beobachtungswinkel wurde 1964 eingeführt. 2) Die spektrale Antwortcharakteristik des durchschnittlichen Beobachters von der CIE definiert. Zwei dieser Datensätze wurden definiert, die Daten 1931 für ein 2° Gesichtsfeld (Abbildung auf Netzhautzentrum) und die Daten 1964 für das 10° Gesichtsfeld (Abbildung auf entsprechend größeren Bereich der Netzhaut). In der Praxis nimmt man an, daß, wenn keine näheren Angaben über den Beobachter gemacht werden, die Dreibereichswerte für den 1931 oder 2° Beobachter kalkuliert wurden. Der Gebrauch des 10° Beobachters sollte stets angegeben werden.

Reflexion - Das Verhältnis der zurückgeworfenen Strahlungsmenge zur gesamten Strahlungsenergie. Im allgemeinen wird die reflektierte Strahlungsmenge im Vergleich zu der Reflexion eines definierten Standards bestimmt.

Reflexion, spektral - siehe spektrale Reflexion

Reflexion, total - siehe totale Reflexion

Buntheit - Die Intensität oder der Buntheitsgrad eines bestimmten Farbtons, definiert als die Entfernung des Farbortes von dem neutralen Grau. Stellen wir uns vor, wir würden ein neutrales Grau mit einem

leuchtenden Rot mischen. Wir beginnen mit dem Grau und geben Stück für Stück kleine Mengen Rot dazu, bis wir die leuchtend rote Farbe erreichen. Die Farbskala, die wir dadurch erhalten, stellt die Zunahme der Buntheit dar. Die Skala beginnt mit Null für farblose, neutrale Farben und hat kein einheitliches Ende. Munsell definierte zu seiner Zeit 10 als höchste Buntheit für ein zinnoberrotes Pigment und übertrug diesen Wert auch auf andere Farben. Andere Pigmente mit einer größeren Buntheit wurden entdeckt, doch die Skala blieb erhalten. Die Buntheitsskala für normal reflektierende Materialien hat einen Höchstwert von ca. 20, für fluoreszierende Materialien kann er bis zu 30 hoch sein.

Schwarz - Theoretisch ist dies die komplette Absorption einfallenden Lichtes. Das Gegenteil von totaler Reflexion. In der Praxis ist dies jede Farbe, die diesem Ideal möglichst nah kommt - z.B. eine Farbe mit möglichst geringer Buntheit und sehr niedriger Helligkeit.

Spektrale Energieverteilungskurve - Verteilung der Strahlungsenergie als Funktion der Wellenlängen, ausgedrückt in relativen Energiewerten.

Spektrale Reflexion mit Glanz - Messung der kompletten Reflexion einer Oberfläche, sowohl des diffusen Anteiles, als auch des Glanzanteiles. Der Glanzanteil ist der Teil der Reflexion, der von einer (spiegelnden) Oberfläche unverändert, spiegelverkehrt zur Einstrahlrichtung reflektiert wird.

Spektrale Reflexion ohne Glanz - Messung der Reflexion in einer Art und Weise, daß der Glanzanteil ausgeschlossen ist. Es wird also nur der diffuse Anteil der Reflexion gemessen. Der Ausschluß wird durch eine 0° (senkrechte) Ansicht der Meßprobe erreicht. Die Glanzkomponente wird dann zurück in das Meßgerät reflektiert. Sie wird mit Hilfe eines schwarzen Absorbers oder Lichtfallen in dem glanz-einfallenden Winkel, wenn die Beleuchtung nicht senkrecht erfolgt, oder in direkter Messung in einem Winkel, der von dem Glanzwinkel abweicht, erfaßt.

Spektralkurve - Mit einem Spektralphotometer gemessene Kurve; eine Graphik mit relativer Reflexion oder Transmission (oder Absorption) als Ordinaten und den einzelnen Wellenlängen oder Frequenzen auf der Abszisse.

Spektralphotometer - Photometrisches Meßgerät zur Erfassung von spektraler Transmission, spektraler Reflexion oder relativer spektraler Lichtströme.

Spektrum - Anordnung von Teilen der Strahlungsenergie in Abhängigkeit von ihren Wellenlängen oder Frequenzen.

Standard - Eine Referenz, zu der die Farbmessung durchgeführt wird (lt. DIN "Bezug").

Standardlichtarten (CIE) - Bekannte Spektraldaten, von der CIE für vier verschiedene Arten von Licht eingeführt. Werden Dreibereichsdaten zur Beschreibung einer Farbe benutzt, muß die Lichtart zusätzlich angegeben werden. Diese Standardlichtarten werden anstelle von tatsächlichen Messungen der Lichtquelle eingesetzt.

Strahlungsenergie - Eine Art der Energie des elektromagnetischen Spektrums, die sich mit einer Geschwindigkeit von 299,792 Kilometer/Sekunde (186,209 Meilen/Sekunde) durch ein Vakuum bewegt, und langsamer durch ein dichteres Medium (Luft, Wasser, Glas usw.). Strahlungsenergie wird anhand von Wellenlängen oder Frequenzen beschrieben. Die verschiedenen Arten von Energie lassen sich in andere Arten von Energie umwandeln (elektrische, chemische, mechanische, atomare, thermische und Strahlungsenergie), aber Energie selber kann nicht zerstört werden.

Streuung - Diffusion oder Richtungsänderung von Strahlungsenergie durch das Zusammentreffen mit Partikeln von unterschiedlichem Strahlungsindex. Streuung entsteht an jedem Medium, das an der Oberfläche oder im Inneren Partikel enthält.

Subtraktive Primärfarben - Cyan, Magenta und Gelb. Werden alle drei subtraktiven Primärfarben zu 100% auf weißem Papier gemischt, entsteht theoretisch Schwarz. Werden diese mit unterschiedlicher Intensität kombiniert, entsteht eine riesige Anzahl von Farben. Werden zwei dieser Primärfarben zu 100% miteinander kombiniert, entsteht eine additive Primärfarbe, entweder Rot, Grün oder Blau:

100% Magenta + 100% Gelb = Rot

100% Cyan + 100% Magenta = Blau

100% Cyan + 100% Gelb = Grün

Tageslicht Beleuchtung (CIE) - Eine Reihe von

spektralen Lichtverteilungskurven auf der Grundlage von Messungen des neutralen Tageslichtes, die von der CIE 1965 empfohlen wurden. Die Werte sind für die Wellenlängen in der Region von 300 bis 830nm definiert. Sie werden in Anlehnung an die Farbtemperatur beschrieben. Die wichtigste Lichtart ist D65, die der Farbtemperatur der Lichtart C (6774K) sehr nah kommt. Die Lichtart D75 ist blauer als D65 und D55 ist gelber als D65, sie werden ebenfalls genutzt.

Totale Reflexion - Reflexion des Strahlenflusses über alle Winkel der Oberfläche, sowohl Glanz als auch diffuse Reflexion eingeschlossen.

Transparent - Beschreibt ein Material, das Licht durchscheinen lässt, ohne es zu streuen.

Ulbricht'sche Kugel - Eine Kugel, die im Inneren mit einer hochreflektierenden Oberfläche ausgestattet, so daß eintretendes Licht diffus verteilt wird.

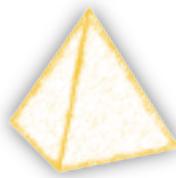
Unbunte Farbe - Eine neutrale Farbe, die einen Farbtonwinkel von Null hat (Weiß, Grau oder Schwarz), also kein Buntheitsmerkmal aufweist.

Value - Gibt den Grad der Helligkeit oder Dunkelheit einer Farbe in Relation zu einer neutralen Grauskala an. Die Skala des Value (oder V im Munsell System zur Beschreibung von Farben) geht von 0 = Schwarz bis 10 = Weiß. Die Value -Skala ist neutral, also ohne Farbton.



Internet Seiten

Nationales Institut für amerikanische Standards (ANSI), USA	www.ansi.org
Amerikanische Gesellschaft für Qualitätskontrolle	www.asqc.org
Vereinigung professioneller Color Imagers	pmai.org/pmai/sections/apcl.htm
ASTM Technische Standards für die Industrie weltweit	www.astm.org
Color & Appearance Devision (Gesellschaft von Kunststoffverarbeitern)	specad.org
Internationales Farbkonsortium	www.color.org
Internationale Beleuchtungskommission (CIE), Japan	www.cie.co. @/cie
Internationale Gesellschaft für optische Belange (SPIE)	spie.org
Inter Society Color Council	www.iscc.org
ISO Hompage (International Standards Organisation)	www.iso.ch
Nationale Vereinigung der Coil Coaters	coilcoaters.org
Nationales Institut für Standards und Technologie	www.nist.gov
Gesellschaft von Färbern und Koloristen in Großbritannien	www.sdc.org.uk
Optische Gesellschaft des amerikanischen OpticsNet, USA	www.osa.org
X-Rite	www.x-rite.com



Die X-Rite Qualitätsphilosophie

Von den angelieferten Rohmaterialien bis hin zur Auslieferung der fertigen Produkte, besteht X-Rite auf höchste Qualität. Jedes Meßgerät unserer Produktion durchläuft einen umfangreichen Test- und Kontrollzyklus um eine einwandfreie Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Wir möchten Ihnen einen kleinen Einblick geben:

Nur durch intensives Testen können Defekte ausgeschlossen werden. Computer überprüfen alle analogen, digitalen und optischen Bestandteile auf ihre Funktionalität. Jeder digitale Speicher wird getestet um versteckte Problempunkte aufzudecken.



Einwandfreie Einzelteile führen zu einwandfreien Gesamtprodukten. Jede elektrische Platine wird für 100 Stunden einem Temperaturtest unterzogen, bevor sie in ein Gerät eingebaut wird.



Der letzte Schritt für Qualität: Jedes Meßgerät durchläuft für 24 Stunden einen simulierten Einsatz und wird mit allen möglichen Aufgaben konfrontiert, bevor es von X-Rite verschickt wird.

**X-Rite GmbH**

Stollwerckstr. 32 • 51149 Köln • Germany • (49) 2203-91450 • FAX (49) 2203-914519

X-Rite GmbH

Czech Office • Sochorova 705 • CZ-682 11 Vyskov • Czech Republic • (420) 507-328197 • FAX (420) 507-328138

X-Rite, Incorporated - World Headquarters

3100 44th Street, S.W. • Grandville, Michigan 49418 USA • (616) 534-7663 • (888) 826-3059 • FAX (616) 534-8960

X-Rite Ltd.

The Acumen Centre • First Avenue • Poynton, Cheshire • England SK 12 1FJ • 44(0) 1625 871100 • Fax 44 (0) 1625 871444

X-Rite Méditerranée

Parc du moulin de Massy • 35, rue du Saule Trapu • 91300 Massy • France • 33 1-69.53.66.20 • FAX 33 1-69.53.00.52

X-Rite Asia Pacific Ltd.

Room 808-10 • Kornhill Metro Tower • 1 Kornhill Road • Quarry Bay • Hong Kong • (852) 2-568-6283 • FAX (852) 2-885-8610

X-Rite Asia Pacific Ltd. Japan Office

Rm 506, AIOS Gotanda Annex • 1-7-11, Higashi - Gotanda • Shinagawa-ku • Tokyo • 141-0022 Japan • 81-3-5447-1607 • FAX 81-3-5447-1608