

Farbabstandsformeln in der Praxis

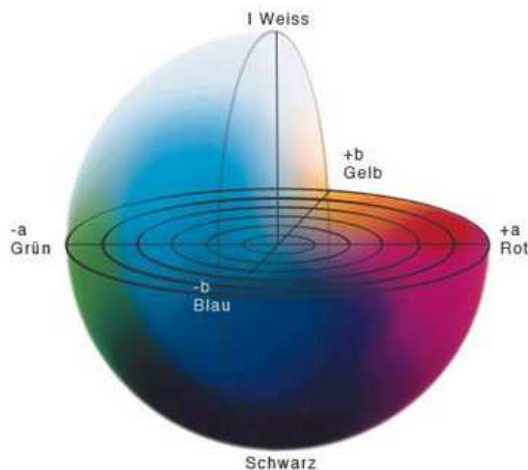
Delta E and Delta E2000

AWETA
März 2010
zim

In der Industrie werden heute bei der Nachstellung und beim Druck von Farbtönen kleinste Farbtoleranzen verlangt. Das menschliche Auge kann jedoch Farbtöne und Farbtonunterschiede individuell unterschiedlich wahrnehmen und auch bewerten.

Mit Hilfe eines Spektralphotometers kann eine Farbvorlage und die dazugehörige Probe unabhängig von menschlichem Auge und Umgebung exakt gemessen und die Farbtendifferenz unter einer festgelegten Lichtquelle berechnet werden.

Grundlage dafür ist der 1976 von der Internationalen Beleuchtungskommission CIE (Commission Internationale d'Eclairage) definierte CIELab Farbraum.





Der CIELab Farbraum ist ein dreidimensionales, kugelförmiges Gebilde. Die L^* Achse wird als Helligkeitsachse bezeichnet und führt von Weiß zu Schwarz. Das absolute Weiß wurde mit einem Wert von $L^* = 100$ und das absolute Schwarz mit einem Wert von $L^* = 0$ festgelegt.

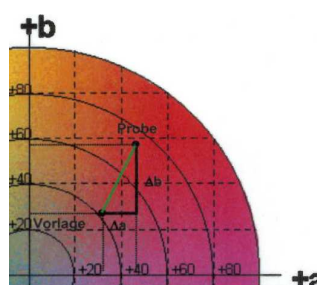
Die a^* Achse verbindet den Rot- mit dem Grünbereich. Die b^* Achse führt von Gelb

nach Blau. In der Mitte der Kugel liegen die unbunten Farbtöne. Je weiter außen am Rand der Farbton liegt, umso brillanter bzw. gesättigter ist dieser.

Über die $L^*a^*b^*$ Werte, welche mit dem Spektralphotometer gemessen werden, kann jeder beliebige Farbton in diesem System beschrieben werden.

Farbvorlage	Probe
	
$L^* = 42,32$	$L^* = 40,02$
$a^* = 46,69$	$a^* = 45,21$
$b^* = 27,14$	$b^* = 23,40$

Ebenso kann im CIELab Farbsystem die Differenz in der Helligkeit DL^* (ΔL^*), die Differenz Da^* (Δa^*) auf der Rot-Grün Achse und Db^* (Δb^*) auf der Gelb-Blau Achse dargestellt und berechnet werden:



$$DL^* = L^* \text{ Probe} - L^* \text{ Farbvorlage}$$

$$Da^* = a^* \text{ Probe} - a^* \text{ Farbvorlage}$$

$$Db^* = b^* \text{ Probe} - b^* \text{ Farbvorlage}$$

Beispiel:

$$DL^* = 40,02 - 42,32 = -2,3$$

$$Da^* = 45,21 - 46,69 = -1,48$$

$$Db^* = 23,40 - 27,14 = -3,73$$

Unterschied in der Helligkeit = DL*

bei einem negativen Wert ist die Probe dunkler und bei einem positiven Wert heller

Unterschied in Rot – Grün = Da*

bei einem negativen Wert ist die Probe grüner und bei einem positiven Wert röter

Unterschied in Gelb – Blau = Db*

bei einem negativen Wert ist die Probe blauer und bei einem positiven Wert gelber

Die hier gezeigte Probe ist also dunkler, grüner und blauer als die Vorlage.

Aus den einzelnen Differenzen kann der Gesamtfarbabstand Delta E (auch DE^*_{ab} oder ΔE^*_{ab}) zwischen Vorlage und Probe berechnet werden.

Dafür wird folgende Formel verwendet:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$$

Beispiel:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(-1,48)^2 + (-3,73)^2 + (-2,3)^2} = 4,62$$

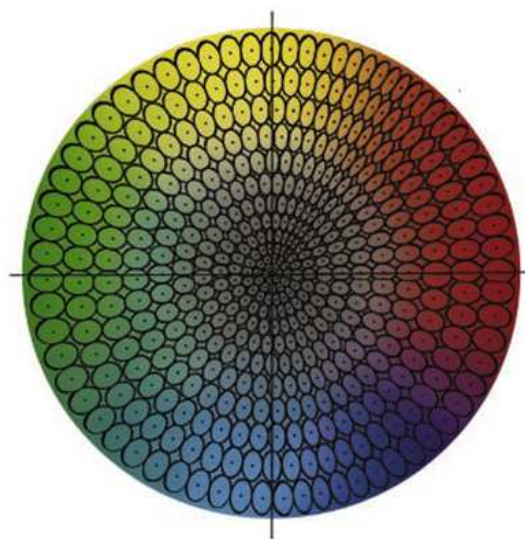
Hier gilt, je kleiner der Zahlenwert, umso geringer ist der Farbtonunterschied.

Nachteilig ist, dass das CIELab Farbsystem nicht visuell gleichabständig ist. Die berechneten Farbabstände entsprechen nicht für alle Farben den empfundenen Farbabständen.

In der Praxis heißt dies: Bei den unbunten Farben kann das menschliche Auge kleinste Farbtendifferenzen erkennen. Anzustreben ist hier ein möglichst kleiner DE^*_{ab} Zahlenwert.

Je weiter die zu beurteilenden Farbtöne im CIELab System außen liegen, d. h. je brillanter diese sind, umso unempfindlicher reagiert das menschliche Auge auf Farbabstände. Hier kann u. U. ein zahlenmäßig großer DE^*_{ab} Unterschied vom Auge nicht erkannt werden. Auch werden Unterschiede im Farbton vom Auge stärker bewertet als Unterschiede in der Helligkeit oder Sättigung (Brillanz).

In der Praxis bedeutet das, ein gemessener DE^*_{ab} Wert von z. B. 2,5 wird beim Vergleich von zwei Grau-Farbtönen als sehr große Abweichung wahrgenommen. Bei zwei brillanten, leuchtenden Gelbfarbtönen wird derselbe DE^* Zahlenwert vom Auge vermutlich nicht als unterschiedlich erkannt.



DE Toleranzräume

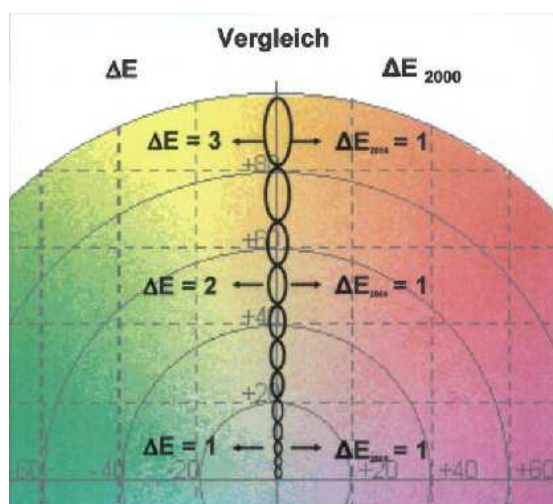
Alle Farbtöne, welche sich innerhalb einer Ellipse befinden, werden vom Auge als identisch empfunden

Um eine bessere Anpassung an das menschliche Auge zu erreichen, wurde die DE^*_{ab} Farbabstandsformel weiter verbessert.

So wurde die CMC Formel entwickelt, welche heute hauptsächlich in der Textilindustrie Anwendung findet. Eine weitere Fortentwicklung war die CIE 94 Formel. Sie wurde empfohlen für die Bewertung von kleinen Farbabständen, findet jedoch in der Praxis kaum Anwendung.

Mit der aktuellen DE_{2000} (auch DE^*_{00} , CIEDE2000) Berechnungsformel ist es gelungen, eine wesentlich bessere Übereinstimmung mit der visuellen Wahrnehmung zu erreichen. Leider ist diese Formel in der Industrie noch nicht so weit verbreitet und sie wird auch noch nicht in ISO Normen wie der „ISO 2846 Her-

stellernorm für die Prüfung von Rasterfarben“, der „ISO 12647-2 Verarbeiternorm für die Prüfung von Rasterfarben für den Offsetdruck“ oder der „ISO 12647-5 Verarbeiternorm für die Prüfung von Rasterfarben für den Siebdruck“ berücksichtigt.



In der Praxis bedeutet die Anwendung der DE2000 Formel beim Vergleich von unbunten Farben kaum eine Unterscheidung zu DE^*_{ab} . Werden Farbtöne verglichen, welche am äußeren Rand des CIELab Systems liegen, greift die DE2000 Formel mehr und passt den ausgewiesenen Zahlenwert der Empfindung des Auges an.

Zusammenfassung und Empfehlung

Der CIELab Farbraum ist für praktische Anwendungen nicht ausreichend gleichabständig. Bei brillanten und stark gesättigten Farben werden Unterschiede zwischen zwei Proben visuell geringer empfunden als der berechnete DE^*_{ab} Wert angibt.

Bei unbunten Farben, also Farben, welche nahe dem Zentrum des CIELab Farbraumes liegen, können zahlenmäßig kleine DE^*_{ab} Werte beim Vergleich zweier Farben unter Umständen sehr gut wahrgenommen werden.

Große DE-Werte können in einem Farbbereich visuell weniger auffallen als kleinere in einem anderen Bereich.

In der Praxis wird häufig ein einheitlicher DE^*_{ab} Wert z.B. $< 2,0$ vereinbart oder gefordert - gültig für alle Farbtöne. Dies kann im Fall von brillanten, hoch gesättigten Farbtönen eine zu hohe Toleranzforderung sein. Beim Vergleich von zwei Graufarbtönen könnte dieselbe Toleranz schon zu einer Reklamation führen. Mit der DE2000 Formel ist im Moment die beste Annäherung an die visuelle Wahrnehmung gelungen. Abhängig von der Lage der zu vergleichenden Farben im CIELab Farbraum wird eine entsprechende Korrektur durchgeführt.

In der Industrie hat sich die DE2000 Formel, obgleich der bekannten Unzulänglichkeit der CIELab Formel noch nicht so weit verbreitet. Anzustreben ist, dass diese Formel zukünftig mehr zum Einsatz kommt.

In der Marabu-ColorFormulator Rezeptier- und Qualitätskontroll-Software stehen alle erwähnten Formeln wahlweise zur Verfügung.