

Farbe messen Teil 3

Das CIE Farbdreieck

Zur einheitlichen Beschreibung von Farben sind definierte Bezugsfarben nützlich, die Primärfarbvalenzen genannt werden. Diese Farben entstammen der Drei-Komponenten-Theorie, die auf den Erkenntnissen von Thomas Young basiert. Young vermutete, dass es im menschlichen Auge lediglich drei Arten von Reizzentren für die Farben Rot, Grün und Blau gibt. Diese Vermutung bestätigte Herman von Helmholtz, der herausfand, dass sich aus dreifarbigem Lichtstrahlen jede beliebige andere Farbe mischen lässt (siehe hierzu „Farbe messen Teil 2“).

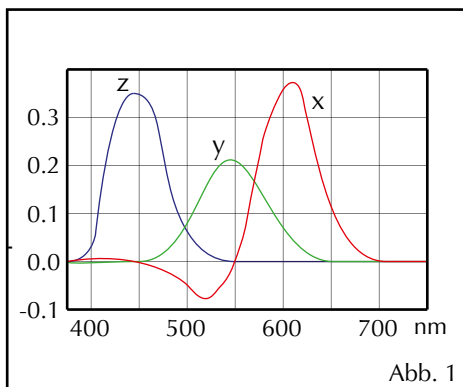
Die CIE (siehe Teil 2, Randbemerkung) hat 1931 nach empirisch ermittelten Eigenschaften des Normalbeobachters die Spektralwertfunktion der Primärfarbvalenzen R, G und B (rot, grün, blau) als Normvalenzen festgelegt. Daraus folgt, dass jede Wellenlänge des sichtbaren Lichtes, das heißt jede Farbe, einer Kombination der Normvalenzen entspricht.

Im CIE System sind die Primärvalenzen R, G und B mit X, Y, Z als Normvalenz bezeichnet. Die auf diese Normvalenzen bezogenen Spektralwerte heißen Normspektralwerte.

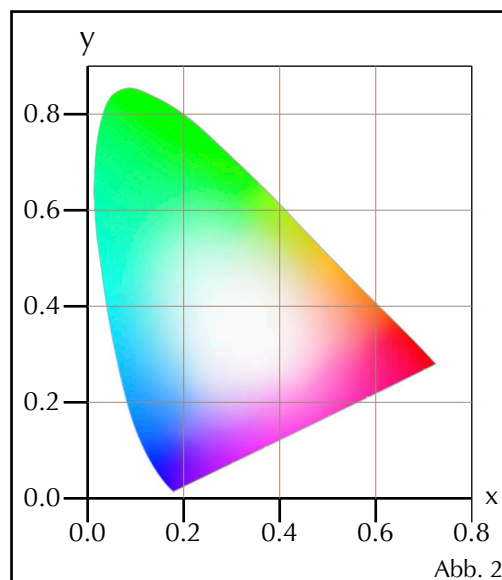
Abb. 1 zeigt die Normspektralwertkurven der spektralen Empfindlichkeit des Auges. Das resultierende CIE XYZ-Farbsystem ist ein wichtiger Referenzfarbraum in der Reproduktionstechnik.

Ein ideales Weiß würde dem Normspektralwert $X=Y=Z=100$ entsprechen. Das bedeutet R, G und B mit jeweils 100% ergibt Weiß (siehe hierzu „Farbe messen Teil 2, Abb. 5“).

Die Helligkeit ist direkt durch den Normspektralwert Y gekennzeichnet.



Die Normfarbwerte werden aus den Farbwertanteilen x, y und z gebildet (nicht zu verwechseln mit den vorgenannten Werten X, Y, Z). Die Summe der Werte ist immer 1. Deshalb ist die Angabe von nur zwei Werten ausreichend um eine Farbe zu beschreiben, da der dritte Wert die Differenz zu 1 ist. In dieser Form der Darstellung bilden x und y die Werte für Sättigung und Farbton. Zusätzlich kann die Helligkeit durch Angabe des Normspektralwertes Y als dritte Dimension abgebildet werden.



Eine solche Darstellung der Farben des sichtbaren Lichtes nennt man CIE-Farbbereich oder umgangssprachlich CIE-Schuhsohle (siehe Abb. 2).

Thomas Young
* 13. Juni 1773,
† 10. Mai 1829 in London;
englischer Augenarzt und
Physiker.

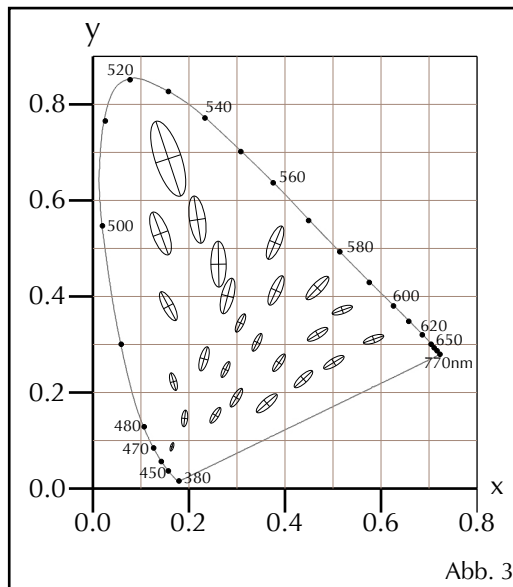
Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz
* 31. August 1821,
† 8. September 1894 in
Charlottenburg; deutscher
Physiologe und Physiker.

Der Normalbeobachter blickt auf eine Fläche mit einem Sichtfeld von 2° mittig zur Hauptblickrichtung. Dieses Feld entspricht in etwa einer 1-Euro-Münze, die man mit ausgestrecktem Arm vor sich hält. Diese Begrenzung entspricht der Zone der höchsten Dichte der farbempfindlichen Photorezeptoren im Auge. Die Zapfen liegen auf der Netzhaut konzentriert im Bereich der besten Farbsichtigkeit.

Gleichabständigkeit als Qualitätskriterium für Farbsysteme

Der Abstand zweier Farben in einem Farbsystem wird allgemein als ΔE bezeichnet. Je kleiner das ΔE , desto näher liegen die Farben beieinander. Untersucht man den CIE-Farbbereich auf Farbabstände stellt man fest, dass ein gleiches ΔE bei unterschiedlichen Farben nicht dem empfindungsgemäßen Abstand der Farben entspricht.

Untersuchungen von MacAdam (MacAdam-Ellipsen, siehe Abb. 3) zeigen, dass vom Auge als gleich abständig empfundene Farben im CIE-Farbsystem unterschiedlich weit entfernt liegen. Aus diesem Grund versucht man Farbordnungssysteme zu schaffen, die das Kriterium der Gleichabständigkeit besser erfüllen.



David Lewis MacAdam
 * 1. Juli 1910,
 † 9. März 1998; amerikani-
 scher Farbwissenschaftler.

Abb. 3

Neben funktionalen und tabellarischen Ansätzen der Umrechnung hat sich ein Ansatz basierend auf der Gegenfarbentheorie von Hering durchgesetzt. Das CIE-Lab-System.

Karl Ewald Konstantin Hering
 * 5. August 1834,
 † 26. Januar 1918 in Leipzig;
 deutscher Physiologe und
 Hirnforscher.

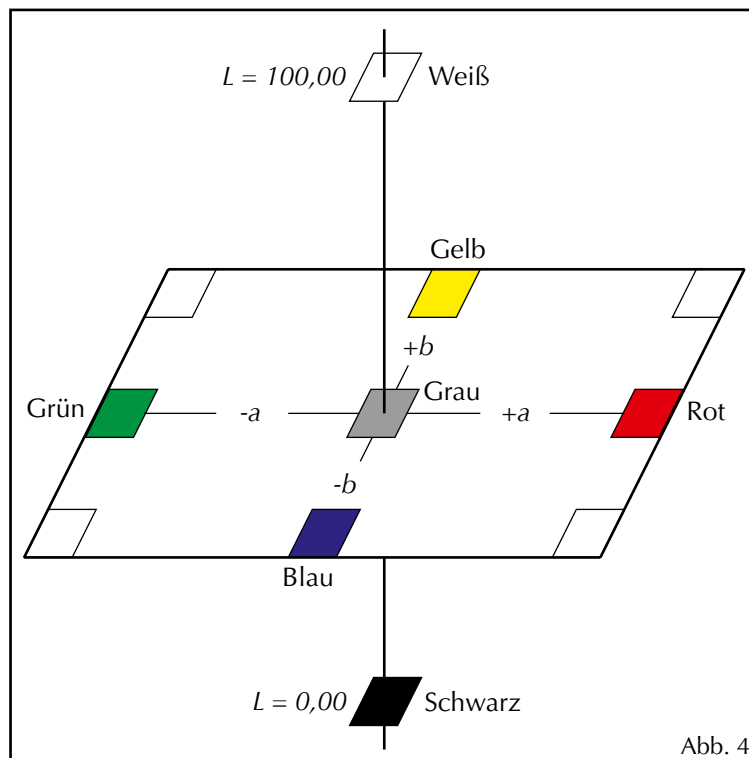


Abb. 4

Zur Orientierung im Lab-System sind in Abb. 4 die Eckfarben auf einer Schnittfläche der Helligkeitsachse (L) dargestellt. Das CIE-Lab-System ist ein gleichabständiges Farbsystem. Es wird in farbmtrisch kontrollierten Reproduktionssystemen angewendet.

Im folgenden Teil beschreiben wir Farbmeßgeräte.