

Proseminar: "Ausgewählte Themen aus der Medientechnik"

Sommersemester 2007

Dozent: Manfred Jackel

Einführung in die Farbwiedergabe II

Ausarbeitung

Sarah Grebing
sarahgrebing@uni-koblenz.de

Patrick Urbig
purbig@uni-koblenz.de

Inhaltsverzeichnis

1. Standards
 - 1.1 Norm-Lichtquellen
 - 1.2 Norm-Beobachter

2. Farbräume
 - 2.1 CieXYZ-Farbraum
 - 2.2 Yxy-Farbraum
 - 2.3 CieLab-Farbraum
 - 2.4 CieLuv-Farbraum
 - 2.5 CieLCh-Farbraum
 - 2.6 Gamut
 - 2.7 MacAdams-Ellipsen
 - 2.8 Uniforme Farbräume

3. Lichtquellen
 - 3.1 Einleitung
 - 3.2 Der schwarze Körper
 - 3.3 Die Glühbirne (Wolfram-Draht Lampe)
 - 3.4 Das Tageslicht
 - 3.5 Die Leuchtstoffröhre
 - 3.6 Die Metall-Dampf-Lampe
 - 3.7 Der rote – Augen - Effekt

4. Ziele der Farbwiedergabe
 - 4.1 Vergleichsmethode
 - 4.2 Spektrale Farbwiedergabe
 - 4.3 Colorimetrische Farbwiedergabe
 - 4.4 Exakte Farbwiedergabe
 - 4.5 Äquivalente Farbwiedergabe
 - 4.6 Korrespondierende Farbwiedergabe
 - 4.7 Bevorzugte Farbwiedergabe
 - 4.8 Zusammenfassung

1. Standards

1.1 Norm-Licht

Es gibt keine Farbe ohne Licht.

Das bedeutet aber auch das der Eindruck, den wir, von einer Farbe haben durch die Art des Lichtes bestimmt wird. Die Farbe des Lichtes ist festgelegt durch seine spektrale Zusammensetzung. Die spektrale Zusammensetzung wird bei natürlichem Sonnenlicht durch das Wetter, der Jahres- sowie der Tageszeit beeinflusst.

Durch die veränderten Lichtverhältnisse verändert sich ebenfalls die spektrale Reflexion und damit auch die Farbempfindung.

Aus diesem Grund müssen sich Norm-Farbwerte auf Norm-Licht beziehen.

Die Intensität, verschiedener Lichtarten, wurde in einem Bereich von 380 bis 780 Nanometer genormt.

Folgende Norm-Lichtarten wurde in diesem Bereich festgelegt: A, C, D50, D65.

Wobei C sowie D50 und D65 dem durchschnittlichen Tageslicht ähneln.

Das beruht darauf das sie ihre höchste Strahlungsintensität im blauen Bereich haben. Das Norm-Licht A hingegen hat im roten Bereich seine höchste Intensität, welches dem Abendlicht entspricht.

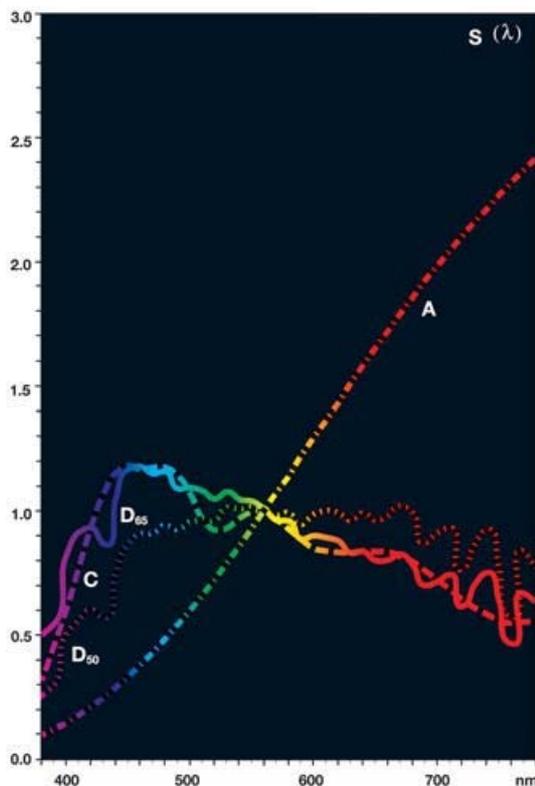


Abb.: 01

Die *Abbildung (01)* zeigt die vier Norm-Lichtarten in dem genormten Bereich.

Hier ist auch noch mal gut zu sehen wo die einzelne Lichtart ihr höchste Intensität hat.

1.2 Norm-Beobachter

Jeder Mensch besitzt drei Spektralwertfunktionen zur Bewertung von Rot, Grün und Blau. Welche bei einem normalsichtigen Menschen annähernd gleich sind. Farben werden daher nur in Grenzbereichen unterschiedlich wahrgenommen. Was allerdings zu einem Problem führt da beispielsweise für den einen bläuliches Grün ist empfindet ein anderer bereits als grünliches Blau. Deshalb musste für die Farbmeterik ein durchschnittlich empfindender Mensch definiert werden, der "Normalbeobachter".

Um dies zu erreichen wurde 1931 eine Versuchsreihe mit farbnormalsichtigen Menschen durchgeführt. Diese Versuchsreihe führte zu dem 2° Sichtfeld. Man wählte dieses kleine Sichtfeld aus dem Grunde, da der Mensch bei einer so geringen Fläche eine kräftigere Farbwahrnehmung hat.

Allerdings berücksichtigte man damals nicht die Weitsichtigkeit des Menschen und so wurde die Versuchsreihe 1964 wiederholt.

Dadurch wurde das Sichtfeld auf 10° erhöht, was wesentlich praxisnäher ist.

2. Farbräume

2.1 CieXYZ-Farbraum

Während der Durchführung der Testreihe zu dem 2°Sichtfeld leitet man die Normspektralwertfunktionen x , y und z ab.

Aus diesen Normspektralwertfunktionen entwickelte man den XYZ-Farbraum. Wobei X die Farbe Rot, Y Grün und Z den Blauenfarbraum beinhaltet. Damit umfasst CieXYZ nicht nur den RGB-Farbraum sondern auch alle sichtbaren Farben.

Da X , Y und Z die drei Primärfarben kann man mit folgender Gleichung $xX+yY+zZ=1$ eine Farbe bestimmen. Die Werte x , y und z sind Gewichtungsfaktoren d.h.: sie geben Auskunft den Anteil der jeweiligen Farbe. Sie berechnen sich mittels folgenden Gleichungen:

Rotanteil $x = X / (X+Y+Z)$,

Grünanteil $y = Y / (X+Y+Z)$,

Blauanteil $z = Z / (X+Y+Z)$.

Dadurch das die Summe aller Primärfarben gleich Eins ist, kann man die kegelförmige Darstellung in eine Ebene umformen. Dies ist aber nur möglich, wenn man davon ausgeht der Z -Wert bereits durch X und Y abgedeckt ist.

Nach dieser Definition berechnet sich Z nach folgender Gleichung: $Z = 1-X-Y$.

Diese Vereinfachung erleichtert ebenfalls die Bestimmung einer Farbe, da man nur noch zwei Farbwerte in der XY -Ebene eintragen muss um einen Dreifarbenwert zu definieren.

Es sollte auch noch erwähnt werden das die Farben in diesem System virtuell sind da sie nicht real existieren.

2.2 Yxy-Farbraum

Die im vorherigem Kapitel erwähnte Vereinfachung führt uns nun zu einem weiteren Farbraum.

Der Farbraum entsteht in dem auf die xy-Ebene eine zusätzliche Achse senkrecht auf den Unbuntpunkt der Ebene setzt.

Dieser zusätzliche Vektor wird mit Y bezeichnet und dient als Hellbezugswert. Der Y-Anteil kann die Werte 0 bis 100 annehmen wobei aber kein Schwarz in diesem Farbraum vorhanden ist.

Mit steigendem Y-Wert wird der Farbraum immer mehr beschränkt (siehe Abbildung 02). Diese Beschränktheit führt dazu das der Farbraum Asymmetrisch ist denn im Bereich der gelben sowie grünen Farben kann bei einer hohen Sättigung eine deutlich größere Helligkeit erreichen als in dem Bereich der roten und blauen Farben.

Da wie oben erwähnt der Yxy-Farbraum eine Transformation aus dem XYZ-System ist besteht die Möglichkeit der Umrechnung mittels folgender Formeln:

$$X = (x/y) * Y,$$

$$Y = Y,$$

$$Z = ([1-x-y]/ y) * Y.$$

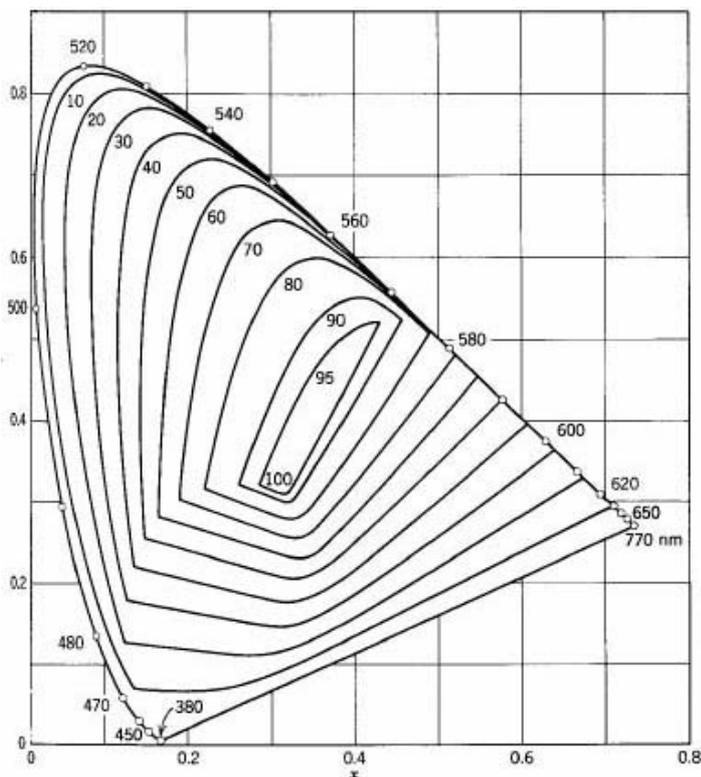


Abb.: 02

2.3 CieLab-Farbraum

Der Lab-Farbraum wurde 1976 mittels nicht linearer Transformation aus dem XYZ-System entwickelt. Nicht lineare Transformation beinhaltet die Veränderung der Helligkeit sowie der Farbart außerdem bleiben die Gesetze der Addition von Farben nicht erhalten.

Dieser neue Farbraum beruht auf der "Gegenfarben"-Theorie von Ewald

Hering. Diese Theorie berücksichtigt das menschliche Farbsehen beinhaltet vier Grundfarben (Rot, Grün, Blau und Gelb) sowie zwei Gegensatzpaaren

(Rot+Grün und Blau+Gelb).

Eines der Gegensatzpaare wird im CieLab-Raum von der Größe "a" (horizontale Achse) mit den Werten von -128 (rot) bis 127 (grün) abgedeckt.

Das zweite Paar wird mittels der Größe "b" (vertikale Achse) ebenfalls mit den gleichen Werten wie "a" nur statt rot → blau und statt grün → gelb.

Auf Grund der Gegenfarb-Theorie sind Farben nur im farbspezifisch unterschiedlichen Bereich wahrnehmbar. Veranschaulichen lässt sich das an einem Beispiel der Größe "b" z.B. kann Gelb den Wert 100 erreichen aber Blau hingegen maximal -50.

Die dritte Größe "L" ist durch die Helligkeitsachse definiert, welche senkrecht auf der ab-Ebene steht. Der Helligkeitswert kann hierbei wie im Yxy-Farbraum die Werte 0 bis 100 annehmen wobei L=0, im Gegensatz zum Yxy-System, Schwarz definiert.

Anders als im RGB-Farbraum ist die Helligkeit im Lab-System unabhängig von den Farbwerten.

Da der Lab-Farbraum die Systeme von RGB und CMYK umfasst dient dieser Farbraum auch als Austauschformat.

2.4 CieLuv-Farbraum

Das CieLuv-System wurde ebenfalls aus dem XYZ-Farbraum entwickelt aber anders wie das Lab-System wurde es linear transformiert. Das Positive an der linearen Transformation ist das in diesem Farbsystem die Gesetzmäßigkeiten des XYZ-Farbraumes unverändert gelten.

Obwohl der Luv-Farbraum nicht auf der Gegenfarben-Theorie beruht hat es den selben Aufbau wie CieLab, trotzdem unterscheidet er sich sehr von diesem. Bei einer Helligkeit von 50 z.B. ist der Grünanteil im Gegensatz zum Lab-Farbraum weiter nach innen verlagert und der blaue Bereich wesentlich größer.

Anwendung findet das Luv-System vorwiegend in der Lichtfarbbewertung von Farbbildschirmen (beispielsweise Scanner oder Computer).

2.5 CieLCh-Farbraum

Von diesem Farbraum spricht man, wenn im CieLab~ oder CieLuv-Farbraum anstelle der kartesischen Koordinaten a,b bzw. u,v die Polarkoordinaten C und h verwendet. Der Wert "C" bezeichnet hierbei die Entfernung der Farbe vom Zentrum (Buntheit) und "h" gibt den Winkel zwischen der Farbachse und C an (Buntonwinkel). Mit folgenden Gleichungen können die Systeme Lab und Luv in den CieLCh-Farbraum umgerechnet werden:

$$Cab = va^2 + b^2 ; Cuv = vu^2 + v^2$$

$$hab = \arctan(a/b); huv = \arctan(u/v)$$

Die Helligkeit L bleibt wie in der anderen Systemen unverändert bestehen.

Die *nachfolgende Abbildung (03)* soll nochmals verdeutlichen wie die einzelnen Werte in bezug zu einer stehen.

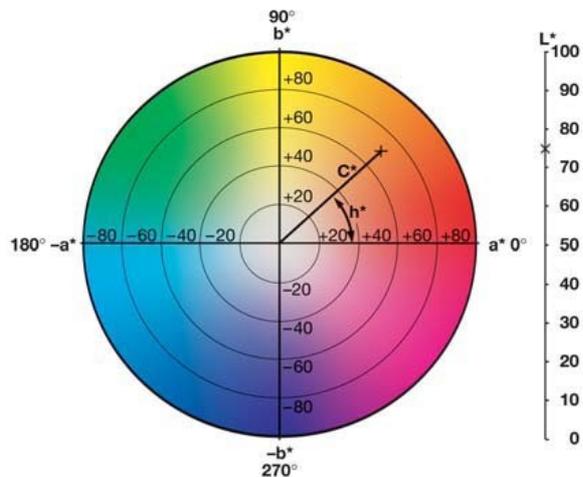


Abb.: 03

2.6 Gamut

Als Gamut werden Teilräume eines Farbraumes bezeichnet. Jedes farbdarstellende oder reproduzierende Gerät besitzt einen charakteristischen Gamut (Gerätefarbraum). Eine Farbe innerhalb dieses Raumes wird als in-gamut bezeichnet und eine außerhalb als out-of-gamut.

Die notwendige Anpassung von Farbdaten unterschiedlicher Gamuts wird Gamut-Mapping genannt. Notwendig wird dies insbesondere bei der Umrechnung $RGB \leftrightarrow CMYK$.

Für das *Gamut-Mapping* gibt es unterschiedliche Algorithmen, die sich nach ihren verschiedenen "rendering-intends" klassifizieren lassen.

Eine Algorithmus ist der *farbmetrische rendering-intend*, hierbei wird eine Farbe die nicht im Zielgamut liegt auf die jeweils nächstliegende Farbe im Zielgamut abgebildet (Clipping), während alle anderen Farben unberührt bleiben.

Des Weiteren unterscheidet diesen Algorithmus noch in *absolut* und *relative* farbmetrische rendering intend. Bei der Absoluten Anpassung bleiben die in-gamut Farben vollkommen unangetastet wobei sich bei der Relativen die Helligkeit der Farben ändern kann.

Ein Nachteil ist aber das beim Clipping der Kontrast der out-of-gamut Farben verloren geht., dadurch eignet er sich nur bedingt für eine realistische Farbwiedergabe.

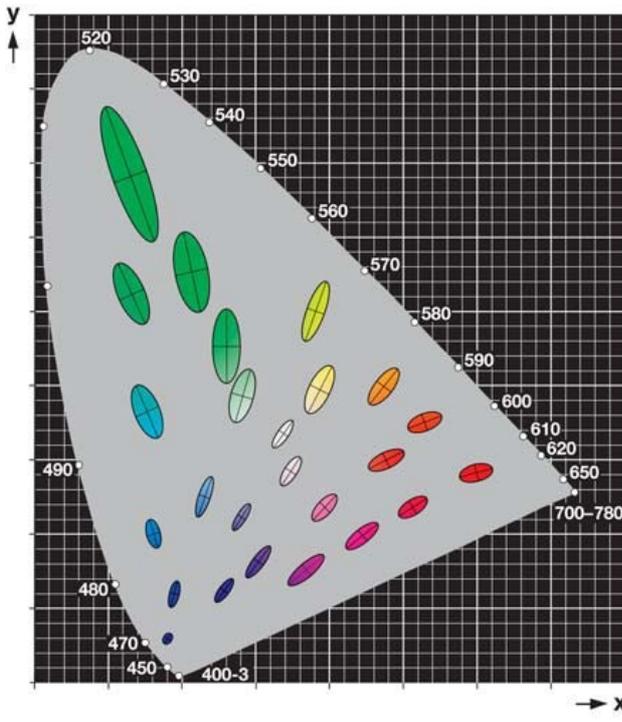
Ein weiterer Algorithmus ist der *fotografische rendering-intend*, bei dem die ursprünglichen Farben so skaliert werden das sie alle im Zielgamut liegen.

Dabei bleibt zwar der relative unterschied der Farben zueinander erhalten aber auf Kosten der Farbsättigung, dafür liefert dieser Rendering intend die natürlichste Farbwiedergabe.

Der letzte zu erwähnende Rendering intend ist der Sättigungserhaltende, er versucht die Sättigung der Farben des Zielgamuts zu erhöhen allerdings verändern sich hierbei die Farben. Hauptsächlich findet diese Art von Gamut-Mapping seinen Einsatz bei Businessgrafiken und Comics.

2.6 MacAdams-Ellipsen

Der Farbabstand ist ein Maß für den räumlichen Abstand zwischen zwei Farbarten im Farbenraum (z.B.: zwischen Vorlage und Druckbogen). Der weiteren oben aufgeführte CieXYZ-Farbraum besitzen jedoch einen Nachteil → zahlenmäßig gleich große Farbabstände werden bei unterschiedlichen Farbtönen vom Menschen nicht als gleich groß empfunden. In langen Testreihen untersuchte MacAdams diese Erscheinung und größtenteils erfasst sowie dargestellt (siehe Abb. 04).



→ x Abb.: 04

In der Abbildung sieht man die Ellipsen (in zehnfacher Vergrößerung) nach MacAdams → MacAdams-Ellipsen. Die Darstellung ist aber nicht ganz korrekt da das Cie-System ursprünglich dreidimensional ist; deshalb müssten die Ellipsen eigentlich als Ellipsoide (ellipsenförmige räumliche Körper) gezeichnet werden. Der, durch die Ellipsoiden, eingenommene Raum ist ein Maß für die Erkennbarkeitsschwelle von Farbabweichungen. Ausgehend vom Mittelpunkt des jeweiligen Ellipsoiden und den jeweiligen Farbton.

2.7 Uniforme Farbräume

Wie in dem Abschnitt "MacAdams-Ellipsen" aufgezeigt wurde sind die Farbabstände nicht gleich und dafür bei der praktischen Bewertung von Farben unbrauchbar → denn es würde bedeuten das die für jeden Farbton die zu akzeptierende Toleranz unterschiedlich wäre.

Das führt uns zu den uniformen Farbräumen, dies sind Farbräume in denen gleich empfundene Farbabstände auch gleich den Abständen im Farbraum sind. Farbräume die diese Merkmal ausweisen sind CieLab und CieLuv, sie wurden 1976 international genormt.

Wichtig sind diese Farbsysteme für die Spezifikation eines Farbcodes von

Datenobjekten, was ein schnelleres erkennen ähnlicher Objekte ermöglicht. Weiterhin finden die System auch Anwendung in der Pseudokolorierung, mittels dieser Kolorierung erhöht man die Bandbreite der wahrgenommenen Werte sowie die Erhöhung des Kontrastes. Welches für die Erstellung von wissenschaftlichen Karten notwendig ist.

3. Lichtquellen

3.1 Einleitung

Lichtquellen sind Körper die selbstständig Licht abgeben. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten warum ein Körper Licht abgibt: in Folge höherer Temperaturen (z.B. Glühlampe), durch erzwungene Emission (Laser), durch elektrische Anregung von Gasmolekülen (Bogenlampe) und durch Lumineszenz (Leuchtstoffe).

Man teilt die Lichtquellen häufig in zwei Kategorien ein, in die natürlichen Lichtquellen und die künstlichen Lichtquellen.

Bei den natürlichen Lichtquellen handelt es sich um die Sonne, Fixsterne, Glühwürmchen, Polarlicht und Blitze. Zu den künstlichen Lichtquellen gehören Leuchtmittel, LED, Bildröhren und Laser.

Die wesentlichste Eigenschaft der Lichtquellen ist ihre spektrale Strahlungsverteilung.

Dabei unterscheidet man zwischen einem Kontinuumstrahler, bei dem fast das ganze Spektrum in der Strahlung enthalten ist und dem Linienstrahler. der nur Licht von bestimmten Wellenlängen abgibt.

Enthält das Licht einer Lichtquelle alle Spektralfarben, lässt es die Farben beleuchteter Gegenstände natürlicher aussehen, da die Farbe des Körpers im Farbspektrum der Lichtquelle enthalten ist.

3.2 Der schwarze Körper

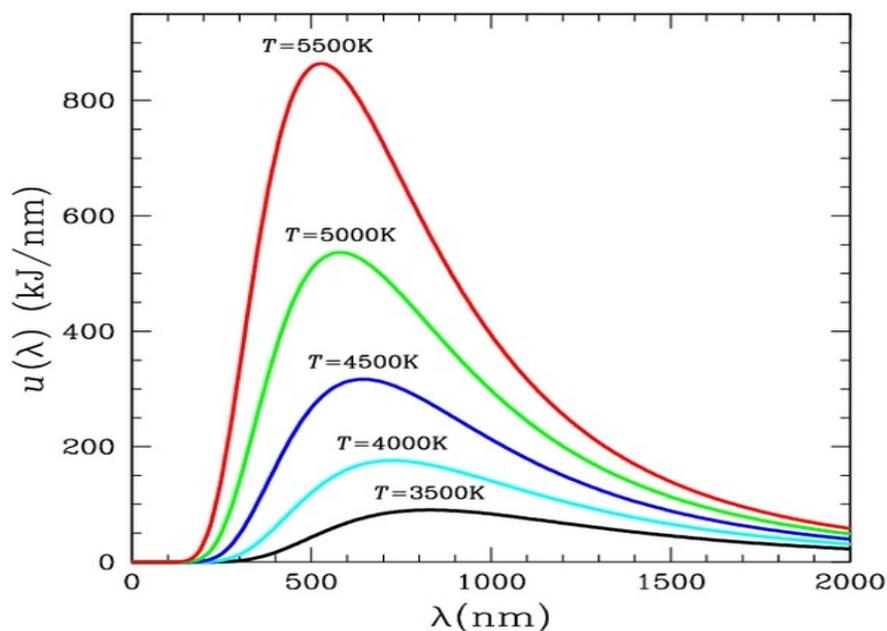
Man bezeichnet ihn auch als Plankscher Körper (nach Max Planck) oder auch schwarzer Strahler.

Es ist ein idealer Körper, der mit den folgenden Eigenschaften in der Realität nicht existiert. Er absorbiert das Maximum an Strahlung (Absorptionsgrad 100%), d.h., dass keine Strahlung durch ihn hindurch geht oder von ihm reflektiert wird. Außerdem gibt der schwarze Körper, wegen seiner Temperatur das Maximum an Strahlung ab (thermische Emission).

Kein realer Temperaturstrahler sendet bei gleicher Temperatur mehr Strahlung aus als ein Schwarzer Körper.

Die Strahlung gibt er in einer bestimmten Intensität und spektralen Strahlungsverteilung ab.

Nach dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz sind für jeden Körper bei jeder Wellenlänge das Emissionsvermögen und das Absorptionsvermögen proportional zueinander. Ein schwarzer Körper hat einen maximalen Absorptionsgrad und damit auch einen maximalen Emissionsgrad. Da auch sein Spektrum nur von der Temperatur abhängt und nicht von Materialeigenschaften, ist er für theoretische und praktische Zwecke nützlich. Seine Strahlungsverteilung wird durch das Plancksche Strahlungsgesetz beschrieben. Außerdem verschiebt sich das Maximum der Strahlung bei steigender Temperatur zu den kürzeren Wellenlängen hin (Wiensches Verschiebungsgesetz)



Das Plancksche Strahlungsgesetz

$$P(\lambda) = \frac{c_1}{((\lambda)^5)} * \frac{1}{(e^{(c_2/\lambda * T)} - 1)}$$

$P(\lambda)$ ist die Strahlungsverteilung pro cm^2

$$c_1 = 37418$$

$$c_2 = 14388$$

T = Temperatur

λ ist die Wellenlänge in Mikrometer.

Dieses Gesetz beschreibt die Intensitätsverteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers. Wenn die Wellenlänge sehr kurz ist und die Temperatur nicht zu hoch, so wird der Nenner $e^{(c_2/\lambda * T)}$ sehr groß und weist eine

Annäherung an das Wiensche Verschiebungsgesetz auf:

$$P(\lambda) = (c_1) / ((\lambda)^5) * e^{(c_2 / (\lambda * T))}$$

Dieses Gesetz beschreibt die Strahlungsverteilung für kurze Wellen.

Die Farbtemperatur

Die Farbtemperatur ist die Temperatur die ein schwarzer Körper haben müsste um die gleiche Farbe auszustrahlen wie der Körper, der diese Farbtemperatur besitzt.

3.3 Die Wolfram-Draht Lampe (Glühbirne)

Die am weitesten verbreitete künstliche Lichtquelle ist die Glühbirne (auch Wolfram-Draht Lampe genannt). Die Farbe, die sie abgibt, ist hauptsächlich abhängig von der Temperatur des Wolframfadens.

Die Temperatur des Drahtes wiederum ist abhängig von dem Widerstand des Drahtes und der Spannung der Glühlampe.

Farben des Wolframdrahtes bei bestimmten Temperaturen:

- dunkelrot bei 1023 K
- orange-rot bei 1263 K
- gelb bei 1423 K
- gelb-weiß bei 1603 K

Die Temperaturen der angegebenen Farben sind nur angenähert. Wann das Licht weiß wird, liegt im Auge des Betrachters und an der Intensität des Lichts. Die maximale Temperatur der Glühbirne liegt bei der Schmelztemperatur von Wolfram (3700K). Moderne Glühbirnen geben bei 3000K ein Licht ab, welches die meisten Menschen als weiß beschreiben.

Zur Funktionsweise der Glühbirne:

Durch den Wolframdraht der Glühbirne läuft Strom. Dadurch wird der Draht erhitzt und fängt an zu glühen (thermische Emission). Das Spektrum der Strahlung liegt zum Teil im infraroten - und hauptsächlich im sichtbaren - Bereich. Da der Glühfaden entsprechend dem Planckschen Strahlungsgesetz strahlt, verschiebt sich bei hohen Temperaturen das Strahlungsmaximum immer mehr in den sichtbaren Bereich. Dadurch, dass die relative Strahlungsverteilung der Glühbirne nur um 50K von der des schwarzen Körpers abweicht, ist sie annähernd ein schwarzer Körper.

Dazu ein Beispiel:

Eine Glühbirne bei einer Farbtemperatur von 3000K entspricht einem schwarzen Körper von 2950 K.

Bei einer Glühbirne mit einer höheren Farbtemperatur entsteht bläulicheres Licht, welches die Differenz zwischen Tageslicht und Lampenlicht verringert. Aus diesem Grund arbeiten die Glühbirnen bei höchstmöglicher Farbtemperatur. Hierzu noch ein Vergleich:

Bei einem Wolframdraht mit dem Durchmesser von (1/5 mm) ist die höchstmögliche Farbtemperatur 3400K. Bei einem dünneren Wolframdraht (1/50mm) ist die Farbtemperatur hingegen 2400K.

Nachteile der Glühbirne:

Ein Nachteil der Glühbirne ist die Verdunstung des Wolframdrahtes durch die hohe Temperatur. Diese Verdunstung ist an einigen Stellen des Drahtes stärker als an anderen und dadurch entsteht eine Art "Taille". Diese Taille erhitzt schneller und dadurch verdunstet noch mehr Wolfram bis der Draht reißt. Damit hat die Glühbirne ihre Lebenszeit beendet.

Ein anderer Nachteil resultiert aus der Verdunstung des Wolframs. Das verdunstete Wolfram setzt sich am Glas der Glühbirne ab und dadurch wird das Glas gräulich. Durch diese Graufärbung wirkt die Glühbirne nach einiger Zeit dunkler, da nicht mehr so viel Licht durch den Glaskolben hindurchkommt.

3.4 Das Tageslicht

Die wichtigste natürliche Lichtquelle ist die Sonne. Ihre Farbtemperatur liegt zwischen 6000 und 7000 K. Den genauen Wert kann man nicht bestimmen, da ihr Licht nicht in reiner Form auf der Erde ankommt, sondern durch die Sonnen- und die Erdatmosphäre gestreut wird.

Bei schönem Wetter besteht das Tageslicht aus gestreutem Licht der Sonne und direktem Licht der Sonne. Da Licht der niedrigeren Wellenlängen (blau, violett) öfter gestreut wird als Licht der größeren Wellenlängen, wirkt der Himmel blau. Das gestreute Licht besteht jetzt mehr aus blauen Wellenlängen als aus allen anderen Wellenlängen.

Die spektrale Strahlungsverteilung der Sonne ist sehr ähnlich zu der eines schwarzen Körpers, allerdings nicht von der Erde aus gesehen, sondern von der Sonnenoberfläche aus betrachtet. Auf der Erde kommt die originale spektrale Strahlungsverteilung nicht mehr an, bedingt durch die Streuung in der Erdatmosphäre.

Die spektrale Strahlungsverteilung des Tageslichts bei wolkeigem Himmel kommt auf die Wolkenhöhe an:

Bei tiefhängender Wolkendecke:

Das Tageslicht bei tiefhängender Wolkendecke ist ähnlich zu dem ohne Wolken, da die Wolkendecke nur als streuende und absorbierende Schicht wirkt. Das Licht setzt sich aus gestreutem Licht und direktem Licht der Sonne zusammen.

Bei höherer Wolkendecke:

Das Licht bei einer hohen Wolkendecke wirkt dunkler, ungefähr so, als wäre die Sonne außerhalb der Atmosphäre. Das bläuliche Licht, welches vorher gebrochen wurde, wird von der Wolkendecke wieder zur Erde reflektiert, dadurch wirkt alles etwas dunkler.

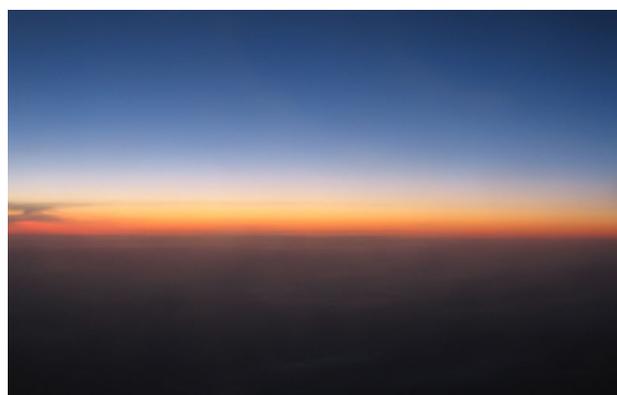
Die durchschnittliche Farbtemperatur bei wolkigem Wetter liegt bei 6500 K.

Abenddämmerung:



Die typische Himmelsfärbung beim Sonnenuntergang entsteht dadurch, dass nur noch die oberen Luftschichten von der Sonne angestrahlt werden und nur noch das Restlicht der Sonne sichtbar ist. Das Licht wird jetzt nicht mehr so häufig gestreut wie während des Tages und das meiste Licht trifft direkt auf die Erde anstatt abgelenkt zu werden.

Sonnenaufgang:



Der Sonnenaufgang ist eigentlich nur ein umgekehrter Sonnenuntergang. Er entsteht durch die Rotation der Erde. Der Betrachter überschreitet dabei die Tag und Nacht-Grenze.

3.5 Die Leuchtstofflampen

Zum Aufbau:

Leuchtstoffröhren bestehen aus einer Glasröhre, die mit einer Leuchtschicht beschichtet ist. Innerhalb der Glasröhre befindet sich eine Mischung aus Quecksilberdampf und Argon.

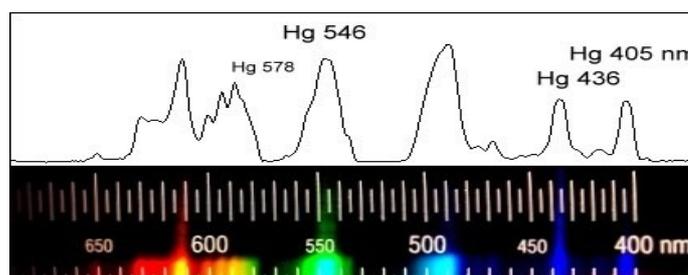
Zur Funktionsweise:

Durch eine Zündspannung wird das Gasgemisch ionisiert und es entsteht ein elektrisch leitfähiges Niederdruck-Plasma. Dieses Plasma strahlt UV-Licht ab, welches von der Leuchtschicht in sichtbares Licht umgewandelt wird.

Man unterteilt die Leuchtstoffröhren in verschiedene Weißtypen:

- warmweiß
- kaltweiß
- tageslichtweiß
- neutralweiß

Leuchtstoffröhren sind Linienstrahler und haben kein kontinuierliches Spektrum sondern strahlen nur Licht in bestimmten Wellenlängen ab, das ist einer der größten Nachteile der Leuchtstofflampen. Das heißt, dass ihre Farbwiedergabe nicht sonderlich gut ist.



Die Leuchtstoffröhren mit den Standardleuchtstoffen sind preisgünstiger, haben aber eine schlechte Farbwiedergabe und eine geringe Lichtausbeute, da die Leuchtstoffschicht einen Teil der Strahlung absorbiert. Will man aber eine bessere Farbwiedergabe erzielen, so muss man zur Drei-Banden Leuchtstoffröhre greifen.

Die Leuchtstoffbeschichtung der Drei-Banden Leuchtstoffröhre besteht aus drei

verschiedenen Leuchtstoffen. Diese zeigen im roten, blauen und grünen Spektrum ihre stärkste Emission. Durch die subtraktive Farbmischung erscheint das Licht dann weiß.

3.6 Die Metall-Dampf-Lampe

Metall-Dampf-Lampen sind Gasentladungslampen.

Aufbau:

Man unterscheidet zwischen Hochdruck- und Niederdrucklampen.

Sie bestehen aus einem röhrenförmigen Entladungsgefäß aus Glas (Niederdrucklampen) oder aus Quarzglas (Hoch- und Höchstdrucklampen). Im Gehäuse befinden sich zwei Elektroden zwischen denen ein elektrisches Feld aufgebaut wird und eine Gasentladung brennt.

Diese Röhre ist mit Metalldämpfen (Natrium- oder Quecksilberdampf gefüllt, die ein Plasma bilden. Dieses Plasma strahlt Licht in bestimmten Wellenlängen, die im sichtbaren Bereich liegen, ab.

Ein Beispiel für eine Gasentladungslampe ist die Natrium-Dampf-Lampe.

Hochdrucklampe:

Die Natrium-Dampf-Hochdrucklampe haben eine hohe Lichtausbeute und durch Zugabe von bestimmten Edelgasen ist auch die Farbwiedergabe relativ gut, da das Licht dann weiß erscheint und nicht gelb. Das Gas steht bei Betrieb unter hohem Druck und wenn die Lampe eingeschaltet wird dauert es etwa 15 Minuten bis die Lampe vollständig leuchtet. Nachdem die Lampe in Betrieb war muss sie erst auskühlen bis man sie wieder einschalten kann.

Die Hochdrucklampe wird vor allem zur Strassenbeleuchtung verwendet.

Niederdrucklampe:

Die Niederdrucklampe ist eine energiesparende Lampe und braucht zum Zünden deutlich weniger Spannung als die Hochdrucklampe. Außerdem wird sie auch nicht so heiß.

Durch die Zugabe von Metall-Halogeniden können mehr Wellenlängen produziert werden, so ist eine deutlich höhere Lichtausbeute möglich. Diese Lampen werden vor allem in Flutlichtanlagen verwendet, da sie ähnlich wirken wie Tageslicht.

3.7 Der rote-Augen-Effekt



Ursache:

Die Ursache für den roten-Augen-Effekt ist, dass das Blitzlicht von Kameras durch die geöffnete Pupille auf der gut durchbluteten Netzhaut reflektiert wird. Das Licht fällt dann in gerader Linie zurück ins Objektiv.

Ursache bei nachtaktiven Tieren:

Nachaktive Tiere wie zum Beispiel Katzen, haben im Gegensatz zu Menschen noch eine reflektierende Schicht auf der Netzhaut. Diese Schicht dient dazu, dass das Licht nachts eine zweite Chance hat die Sehzellen zu treffen, bevor es wieder aus dem Auge tritt. Dadurch leuchtet das Auge.

Vermeidung:

Es gibt mehrere Möglichkeiten diesen Effekt zu vermeiden:

Vorblitz:

Die gängigen Kameras haben mittlerweile Vorblitze, sodass sich das Auge an die Helligkeit gewöhnen kann und die Pupille kleiner wird.

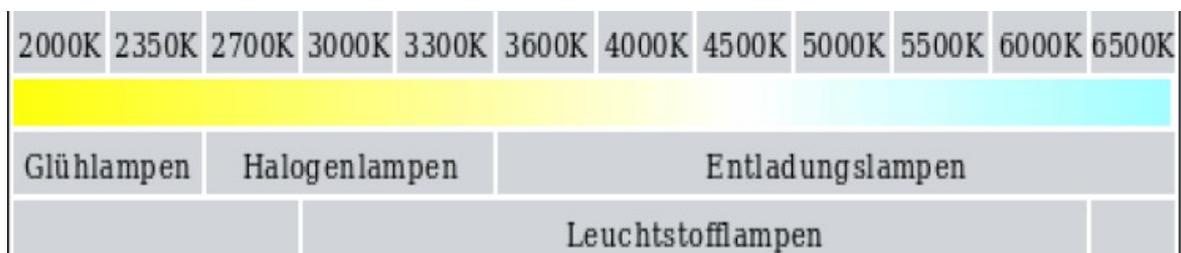
Blitz aus der optischen Achse bewegen:

Eine andere Möglichkeit ist es den Blitz aus der optischen Achse zu bewegen, sodass der Blitz nicht direkt ins Auge trifft. Man kann auch alternativ das Licht über die Decke oder eine Wand umlenken.

Nachbearbeitung:

Man kann im Nachhinein mit Grafik-Programmen wie Photoshop, die roten Augen entfernen.

Hier sind die verschiedenen Lichtquellen mit der entsprechenden Farbtemperatur dargestellt.



4. Zielsetzungen der Farbwiedergabe

4.1 Vergleichsmethode



Bild A



Bild B

Um zu beurteilen, ob die Qualität einer Reproduktion (Bild) gut ist, gibt es die Möglichkeit der Vergleichsmethode.

Bei einer geringen Anzahl von Bildern benutzt man die Single-Assessment Methode. Dabei werden unabhängige Beobachter befragt. Sie bekommen immer zwei Bilder und sollen bewerten, welches besser ist.

Wenn man allerdings eine hohe Anzahl von Bildern bewerten will, ist diese Methode sehr zeitaufwendig. Deshalb gibt es die Single-Stimulus-Methode.

Bei dieser Methode bekommen die Beobachter die Bilder nacheinander gezeigt und sollen anhand einer vorgegebenen Bewertungsskala die Bilder bewerten.

Nachteile/Verbesserungen:

Da die Beobachter nach ihrer psychischen Verfassung und ihren Gefühlen die Bilder bewerten, sind die Ergebnisse nicht genormt. Man kann dem entgegenwirken, indem man die Bilder nach bestimmten Eigenschaften bewerten lässt.

4.2 Spektrale Farbwiedergabe:

Die Anforderung an die spektrale Farbwiedergabe ist, dass die Farben des Gegenstandes auf dem Bild bei allen Beleuchtungen den Farben des Originals entsprechen sollen.

Das ist vor allem bei Versandhaus-Katalogen wichtig.

Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn die spektrale Reflektionskurve des Originals mit der spektralen Reflektionskurve der Reproduktion übereinstimmt.

Das heißt, es darf keine Metamerie geben. Außerdem wird davon ausgegangen, dass alle Betrachter gleich sehen

Verwendung:

Im Fernseher ist die spektrale Farbwiedergabe nützlich, aber da es selbstleuchtende Bilder sind, muss die relative spektrale Strahlungsverteilung übereinstimmen.

In der Farbfotografie und im Farbdruck, ist diese Methode nicht anwendbar, da das CMY(K) System verwendet wird und die spektrale Farbproduktion nur bei wenigen Farben möglich ist.

4.3 Colorimetrische Farbwiedergabe

Bei dieser Wiedergabemethode ist es gewünscht, dass die Erscheinung des Gegenstandes auf dem Bild unabhängig von der Beleuchtungsstärke ist. Dafür wird eine colorimetrische Bestimmung des Metamers der Reproduktion, welches der Farbe des Originals entspricht, gemacht.

Original und Reproduktion haben den gleichen CIE-Farbwert und die gleiche relative Helligkeit.

Der Bezugspunkt der Colorimetrie ist ein gut ausgeleuchtetes Weiß, sodass die Beleuchtung der Reproduktion dann egal ist.

Verwendung:

Verwendung findet diese Methode in der Farbkopie und bei Glanzfotos.

4.4 Exakte Farbwiedergabe

Hierbei sollen der Farbwert, die relative und absolute Helligkeit bei Original und Reproduktion gleich sein. Dabei ist die Intensität des Lichts egal. Das erweckt den Eindruck, dass der Blickwinkel auf das Bild der gleiche sei, wie der auf die Original-Szene.

Anwendung bei Videospiele (Virtuelle Realitätssysteme)

4.5 Äquivalente Farbwiedergabe

In vielen Situationen versagen die exakte und die colorimetrische Farbwiedergabe. Zum Beispiel, wenn eine Szene mit Glühbirnenlicht ausgeleuchtet wurde und bei Tageslicht wiedergegeben wird, wirken die Farben meist zu gelb.

Das liegt daran, dass sich das Auge am Licht der Umgebung orientiert, das heißt, dass es die Umgebung erfasst.

Bei der Originalsituation hat sich das Auge am Glühbirnenlicht orientiert. Dabei ist die Empfindlichkeit für blaues Licht erhöht und die für rotes vermindert.

Der Farbwert, die relative und absolute Helligkeit der Farben werden so gewählt, dass die Gleichheit gegeben ist. Dabei müssen 3 Effekte beachtet werden:

- der Unterschied zwischen der Intensität der Helligkeiten
- der Unterschied des Umfeldes des Originals und der Reproduktion

- die Bedingungen während der Betrachtung

Diese Unterschiede müssen so gering wie möglich für den Betrachter erscheinen.

Hierzu ein kleines Beispiel:

Die Farbe weiß bei Tageslicht hat eine Helligkeit von 87% und bei Glühbirnenlicht eine Helligkeit von 64%.

Dafür werden Farbkarten angefertigt, die die gleiche Farbe bei bestimmten Beleuchtungen zeigen. Dabei wurde auch festgestellt, dass bei Abnahme der Beleuchtungsintensität die Farbigkeit abnimmt.

Anwendung findet diese Methode beim Verkauf von Artikeln übers Internet.

4.6 Korrespondierende Farbwiedergabe

Die Farbwerte und die relative Helligkeit müssen so ausgewählt sein, dass die Beleuchtungsstärke von Original und Reproduktion gleich ist.

Allerdings hat die Methode auch die gleichen Probleme bezüglich der Farbigkeit wie die äquivalente Farbwiedergabe

Bei der korrespondierenden Farbwiedergabe werden die Farben der Originalszene relativ zu weiß betrachtet (Referenzweiß), und es geht darum die weißen, grauen und schwarzen Farben darzustellen.

Das Auge empfindet eine Verdopplung der Helligkeit nicht als doppelt. Um die Sichtweise des Auges bei Helligkeitsveränderungen nachzuempfinden, wird eine Gamma-Korrektur gemacht.

Im folgenden sind einige Gamma-Werte dargestellt:

- Gamma-Wert normale Umgebung: 1,0
- Gamma-Wert gedimmte Umgebung: 1,25
- Gamma-Wert dunkle Umgebung: 1,5

Diese Farbwiedergabe wird bei Beamern und Kino-Projektoren verwendet, weil man dort Farben auf einer weißen Fläche darstellen muss.

4.7 Bevorzugte Farbwiedergabe

Für bestimmte Zwecke gibt es in unserer Gesellschaft bevorzugte Farben. Zum Beispiel wird bei einer Reklame für Reisen die kaukasische Hautfarbe bevorzugt, um eine wunderbare Urlaubsbräune der abgebildeten Personen darzustellen. Diese Farben werden oft verwendet um Stimmungen auszudrücken oder an die Emotionen des Betrachters zu rühren. Dafür weichen die Farben meist relativ oder absolut zu Weiß vom Original ab. Das heißt im Klartext, dass eine Szene in der Darstellung schöner erscheint, als sie in Wirklichkeit ist.

Dafür eignet sich die bevorzugte Farbwiedergabe.

Hier werden Szenen genommen und bestimmte Farben ausgesucht und verändert. Diese Veränderung sieht so aus, dass die Farben in bestimmten Abstufungen und Helligkeiten definiert werden und Serien von dem gleichen Bild angefertigt werden, jeweils mit einer anderen Abstufung der bestimmten Farbe.

Es gibt dafür zwei Möglichkeiten, entweder man verändert die Farbe oder man verändert die Umgebung.

Diese Bilder werden dann mit der Vergleichsmethode bewertet und die Farbe bestimmt, die nach dieser Methode bevorzugt wurde.

Diese Studie wurde für viele Reproduktionen (Fernseher, Druck) und Beleuchtungen gemacht.

Bei dieser Methode ist entdeckt worden, dass die Wellenlängen der Originalfarben und der bevorzugten nah beieinander liegen, aber die bevorzugte Farbe ist reiner und gelblicher als die Originalfarbe.

Diese Methode wird vor allem in der Portraitfotografie und in der Werbung benutzt.



Bei diesem Bild wurde die Umgebung grauer gemacht und ein Haus komplett verändert.

4.8 Zusammenfassung

Spektrale Farbwiedergabe:

Die spektrale Farbwiedergabe ist eine gute Lösung für die Duplikation von Bildern. Auch wenn sie für andere Situation wenig hilfreich ist, ist sie eine gute Basis zur Bestimmung des Grades des Metamerismus.

Colorimetrische Farbwiedergabe:

Sie ist ein nützliches Kriterium, wenn Original und Reproduktion die gleichen Betrachtungsbedingungen und Beleuchtungen haben.

Exakte Farbwiedergabe:

Die Betrachtungssituation von Original und Reproduktion sind gleich.

Äquivalente Farbwiedergabe:

Sie kann für alle Effekte der Betrachtungsbedingung verwendet werden.

Korrespondierende Farbwiedergabe:

Diese Methode ist ein realistisches Kriterium für die allgemeine Anwendung, außer bei absoluter Beleuchtungsstärke.

Bevorzugte Farbwiedergabe:

Die Farben müssen klar definiert sein. Bei dieser Methode wird ein Ergebnis gewünscht, welches geschönt ist und nicht unbedingt dem Original entspricht.

Quellenverzeichnis:

- R.W.G. Hunt, The Reproduction of Colour (S. 92-178)
- www.wikipedia.de
- Fachwissen Farbe & Qualität Heidelberg
- Farbsysteme Teil 3+4 von Prof. Dr.-Ing. E. Dörsam (Technische Universität Darmstadt)
- http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph09/lesestoff/09lichtquellen/lichtquellen.htm
- http://www.baumarkt.de/b_markt/fr_info/leuchtmittel.htm
- http://www.thermografie-schweiger.de/theorie/grundlagen/gesetze_begriffe.htm
- Goggle Bildersuche