

# Visual Computing

## Theoretische Übung – Light & Colors

### Ziele

Verständnis der theoretischen Grundlagen von Licht und Farben.  
Verständnis der theoretischen Grundlagen von Farbräumen.  
Kennenlernen des CIE-Charts.

### Allgemeine Hinweise

Die Übung wird selbständig gelöst. Keine Abgabe notwendig. Es wird eine Musterlösung abgegeben.

### Ressourcen

Webseite der Vorlesung.

### 1) Definitionen

Erklären Sie in jeweils einem Satz (ohne Formeln zu verwenden) die Begriffe Lichtfluss, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte und Farbvalenz. Überlegen Sie sich jeweils, worin sich die Begriffe unterscheiden.

### 2) Farbsysteme

- Wie rechnet man eine Farbspezifikation in RGB in eine Spezifikation in CMY um?
- Zu welchem Zweck wurden die Farbmodelle RGB, CMY(K), YIQ und HLS eingeführt und in welchen technischen Bereichen oder Anwendungen werden sie verwendet?
- Geben Sie für die Farbmodelle RGB, CMY, CMYK (CMY mit zusätzlich Schwarz), YIQ und HSV jeweils die Kodierung für ein mittleres Grau an!

### 3) *sRGB*-Farbraum und Weisspunkt-Kalibrierung

Der *sRGB*-Farbraum ist ein auf elektronische Displays zugeschnittener Teilraum des *XYZ*-Farbraums. Die Basisvektoren orientieren sich an einem Satz von Phosphorvarianten, der häufig in Monitoren verwendet wird, bekannt als ITU-R BT.709-Standard. Die Farbwertanteile  $x$  und  $y$  der *sRGB*-Basisvektoren sind in nachfolgender Tabelle angegeben.

	$R$	$G$	$B$
$x$	0.64	0.30	0.15
$y$	0.33	0.60	0.06

Ferner wird von Tageslichtverhältnissen nach D65 ausgegangen (siehe Skript), insbesondere wird der Display-Weisspunkt mit (0.9505, 1.000, 1.0890) identifiziert.

- Nennen Sie je einen Vor- und Nachteil von *RGB*-Farbräumen. Listen Sie ausserdem je einen weit-

eren Farbraum auf, welcher den genannten Vor- oder Nachteil nicht aufweist.

- b) Berechnen Sie die z-Farbwertanteile der *sRGB*-Basisvektoren.
- c) Stellen Sie das Gleichungssystem zur Weisspunkt-Kalibrierung auf (siehe Skript). Benennen Sie hierbei die Kalibrationsparameter  $C_R$ ,  $C_G$  und  $C_B$ .
- d) Sei als Lösung  $C_R = 0.6445$ ,  $C_G = 1.1919$  und  $C_B = 1.2031$  gegeben. Berechnen Sie die Transformationsmatrix vom linearen *sRGB*-Farbraum in den *XYZ*-Farbraum.

#### 4) Farbraumtransformation nach PAL und NTSC (aus GDV-Prüfung 2004)

Wir betrachten in dieser Aufgabe die Umrechnung von Farbvalenzen vom linearisierten *sRGB*-Farbraum in die beiden verbreiteten Farbräume des Farbfernsehens, nämlich den *PAL*-Raum und den *NTSC*-Raum.

- a) Um zu den früheren Schwarzweiss-Systemen kompatibel zu sein, wird beim europäischen *PAL*-Farbraum (auch *YUV*-Farbraum genannt) als erste Koordinate gerade die *Y*-Koordinate des Normvalenzsystems verwendet. Da die *Y*-Koordinate

$$Y = 0.2126 \cdot R + 0.7152 \cdot G + 0.0722 \cdot B$$

einen dominierenden Grünanteil aufweist, werden die beiden Koordinaten  $C_b$  und  $C_r$  so gewählt, dass der Blau- resp. der Rotanteil überwiegen:

$$C_b = B - Y, C_r = R - Y.$$

Eine abschliessende Normierung des  $C_b$ - und des  $C_r$ -Kanals führt schliesslich zum *YUV*- oder *PAL*-Raum:

$$U = 0.49C_b, V = 0.88C_r.$$

Setzen Sie die Transformationsmatrix für die Umwandlung aus dem *sRGB*-Farbraum in den *YUV*-Farbraum auf.

- b) Der *YIQ*- oder *NTSC*-Farbraum wird vom amerikanischen Farbfernsehen verwendet. Er entsteht aus dem *PAL*-Farbraum, indem man die *U*- und *V*-Koordinaten vertauscht und anschliessend eine Drehung um  $-33$  Grad um die *Y*-Achse ausführt. Berechnen Sie die Transformationsmatrix für die Konvertierung von *PAL* nach *NTSC*. Trigonometrische Funktionen brauchen Sie nicht auszuwerten.
- c) Bei der Uebertragung von *NTSC*-Farbsignalen teilen sich die *YIQ*-Kanäle die Bandbreite etwa im Verhältnis 8:5:2. Weshalb wird diese ungleiche Bandbreitenverteilung vorgenommen?

#### 5) Falschfarben

Gegeben sei ein Algorithmus, der ein Grauwertbild liefert (z.B. ein Mandelbrot). Die Intensitäten liegen zwischen 0 und  $2^{24}-1$ . Wie würden Sie das Bild farblich kodieren, so dass der angegebene Intensitätsbereich farblich abgebildet wird? Dabei sollen hohe Intensitätswerte warmen (roten) Farben und niedrige kalten (blauen) Farben entsprechen.

*Bemerkung:* Eine Kodierung mit Graustufen lässt in True-Color-Systemen nur 256 Stufen zu, ist also für die meisten Anwendungen ungeeignet.

## 6) CIE-Chart

- Welche Eigenschaft hat im CIE-Chart eine Mischfarbe bezüglich ihrer Grundfarben?
- Welche Bedeutung hat die Verbindungslinie zwischen 770 nm und 380 nm in diesem Diagramm?
- Das untenstehende Bild zeigt ein CIE-Chart. Tragen Sie die folgenden Farbvalenzen in das Chart ein!

	x	y	Y
$C_1$	0.1	0.8	12
$C_2$	0.6	0.3	26
$C_3$	0.2	0.05	10

- Bestimmen Sie die dominanten Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  und  $\lambda_3$  der 3 Valenzen!
- Wie verlaufen Isolinien gleicher Sättigung in dem Chart? Skizzieren Sie eine solche Isolinie.
- Bestimmen Sie die Valenz  $C_{123}$ , die aus der Mischung der 3 Valenzen  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  hervorgeht. Tragen Sie diese in das Chart ein!
- Sind alle Spektralfarben in voller Sättigung aus 3 linear unabhängigen Spektrallichtern mischbar?

