

Farbmodelle

Physik-Themen Optik: Spektrum, Additive Mischung, Farbmodelle

von Prof. Dr.-Ing. Detlef Brumbi, Deggendorf

Zusammenfassung

- Ein Lichtsensor, der RGB-Werte (rot – grün- blau) misst, ist auch zur Bestimmung weiterer Farben geeignet.
- Hierfür ist eine Umrechnung in HSI-Werte (hue = Farbton, saturation = Farbsättigung, intensity) vorteilhaft.
- Durch Auswertung der HSI-Werte lassen sich auch weiß und schwarz = dunkel erkennen.
- Mit Software-Algorithmen lassen sich alle Informationen einfach berechnen.

1. RGB und HSI-Modell

Um mit einem Sensor Farben zu erkennen, müssen die Original-Messwerte in Farbinformationen umgerechnet werden. Die Messwerte sind gewöhnlich die drei Grundfarbanteile rot – grün – blau, daher auch RGB-Modell genannt.

Alle anderen Farben setzen sich aus diesen drei Grundanteilen zusammen (additive Farbmischung).

Weiß ist dann die Kombination aus allen drei Komponenten RGB.



Sind die Farben jedoch nicht so intensiv wie im obigen Bild, ist ein anderes Farbmodell vorteilhaft: Das HSI-Modell. Hierbei werden die RGB-Werte umgerechnet in einen Farbton H (hue), die Sättigung S (saturation) und die Intensität I (intensity).

H in Winkeln: von 0 bis 360 Grad oder von -180 bis +180 Grad

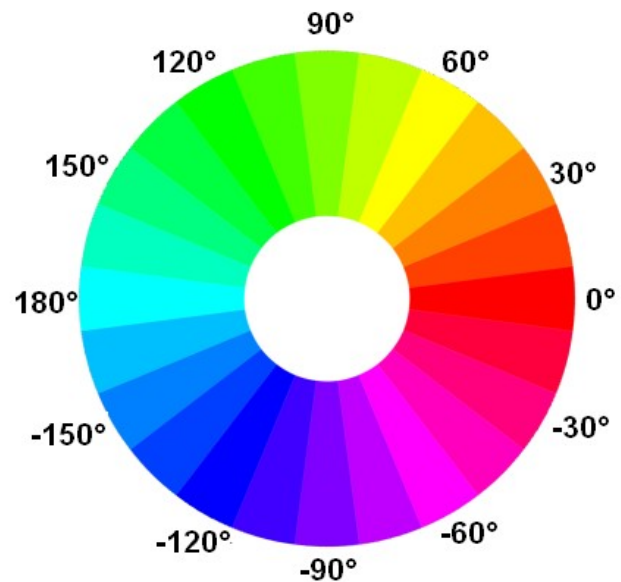
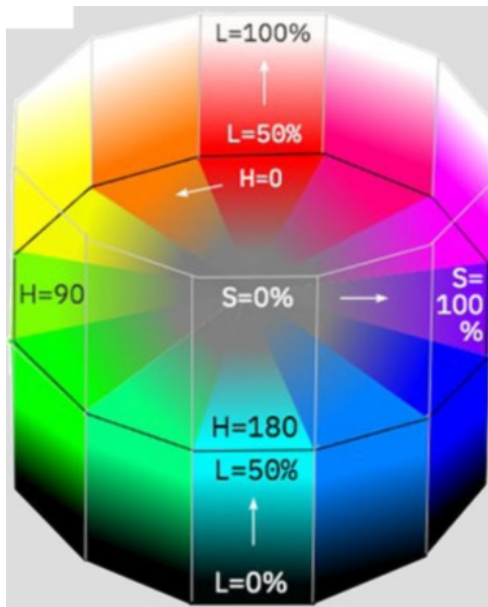
S in Prozent: von 0% (farblos = grau/weiß) bis 100% (gesättigt = leuchtende Farbe)

I in Prozent: von 0% (dunkel = schwarz) bis 100% (hell)

Alternative Modelle ersetzen I durch L = lightness (HSL) oder V = value (HSV) - mit leicht abweichenden Berechnungen.

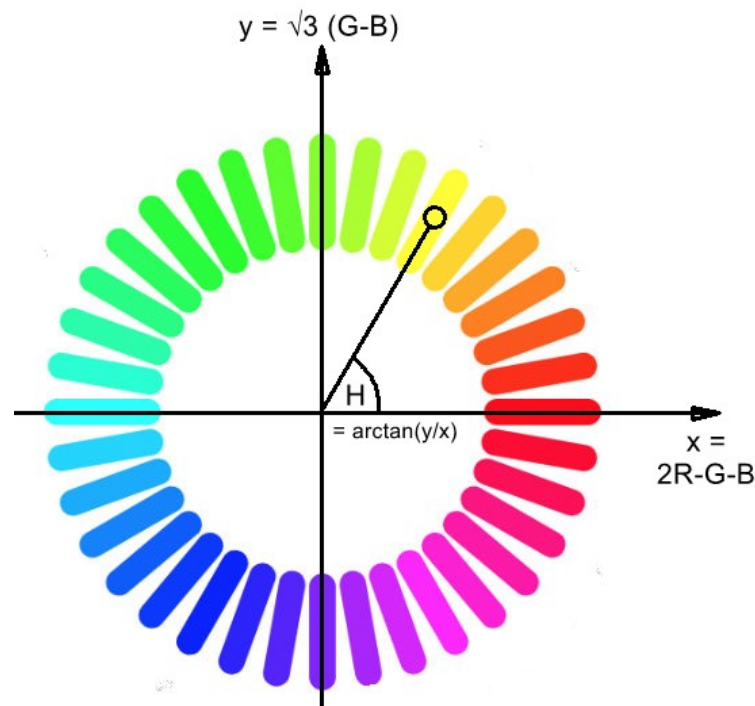
In einem dreidimensionalen Modell kann man die drei Parameter in einem Zylinder sichtbar machen (hier HSL): Bild unten links.

Der H-Wert (hue = Farbton) lässt sich anschaulicher in einem Farbkreis erkennen, gewonnen aus der mittigen Schnittfläche des Zylinders: Bild unten rechts.



2. Umrechnung von RGB in HSI

Der Hue-Wert berechnet sich aus der zweidimensionalen Ebene des Farbkreises. Der Hue-Winkel H ergibt sich aus der geometrischen Lage des Farbpunktes mit dem mathematischen Winkel zur x-Achse:



Parameter	Normierter Wertebereich	Mathematische Berechnung	Berechnung in C
H (hue)	-180° ... +180° (oder Bogenmaß)	$H = \arctan\left(\sqrt{3} \cdot \frac{G-B}{2 \cdot R-G-B}\right)$ wenn $2R-G-B < 0$: 180° addieren	$H = 57.3 \cdot \text{atan2}(1.732 \cdot (G-B), 2 \cdot R-G-B)$

S (saturation)	0 ... 1 (oder %)	$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{\max(R, G, B, 1)}$	$S = 1.0 - 1.0 * \min(\min(R, G), B) / \max(\max(\max(R, G), B), 1)$
I (intensity)	0 ... 1 (oder %) oder Absolutwert	$I = \frac{R+G+B}{3 \cdot \maxValue}$ $I = R+G+B$	$I = 0.333 * (R+G+B) / 1023.0$ $I = R+G+B$

Anmerkungen:

- *maxValue* ist der Höchstwert, den die Farbanteile R, G, B annehmen können (z.B. 1023 bei 10bit-Ergebnissen).
- Die C-Funktion atan2(y, x) berechnet den Vierquadranten-Arcustangens im Bogenmaß und liefert auch Winkel außerhalb von $\pm\pi/2$, falls der x-Wert negativ ist. Für x=0 und y \neq 0 ist das Ergebnis $\pm\pi/2$. Für x=y=0 ist das Ergebnis 0.
- Bei der Berechnung des S-Werts wird der Nenner auf mindestens 1 gesetzt, um eine Division durch 0 auszuschließen.

Beispiele:

Farbe	R	G	B	H	S
rot	beliebig	0	0	0°	1
gelb	beliebig	= R	0	60°	1
grün	0	beliebig	0	120°	1
cyan	0	beliebig	= G	180°	1
blau	0	0	beliebig	-120° (+240°)	1
magenta	beliebig	0	= R	-60° (+300°)	1
weiß/grau	beliebig	= R	= R	0°	0
schwarz	0	0	0	0°	1 (unbedeutend)
blass-rot (rosa)	beliebig	= R/2	= R/2	0°	0,5
orange	beliebig	= R/2	0	30°	1
violett	beliebig	0	= 2R	-90°	1

Beim HSV-Modell (V = value; anstatt I) wird V einfach aus dem Maximum der drei Farbanteile R G B bestimmt.

Für die Berechnung des Hue-Werts gibt es in der Literatur auch einen Algorithmus, der ohne die Arcustangens-Funktion auskommt. Er ist ungenauer, liefert aber in der Praxis ähnliche Ergebnisse: mit $M = \max(R, G, B)$ und $C = \max(R, G, B) - \min(R, G, B)$:

$$H = \begin{cases} 60^\circ \cdot \left(\frac{G-B}{C} \bmod 6 \right) & \text{wenn } M=R \\ 60^\circ \cdot \left(\frac{B-R}{C} + 2 \right) & \text{wenn } M=G \\ 60^\circ \cdot \left(\frac{R-G}{C} + 4 \right) & \text{wenn } M=B \end{cases}$$

3. Weißabgleich

Bedingt durch das Farbspektrum der weißen LED zur Beleuchtung und der unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten der drei Farbfilter vor den Sensoren wird die Reflexion an einer reinweißen Fläche meist keine gleichen Werte für R, G, B ergeben. Das kann sich negativ auf die H- und S-Werte auswirken.

Daher sollten in einer einmaligen Referenzmessung (Weißabgleich) diese Unterschiede ermittelt und die späteren Rohwerte für R, G, B mit geeigneten angleichenden Faktoren multipliziert werden. Die Endabweichungen (nach Korrektur) sollten maximal 10 % betragen.